

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-024476

(43)Date of publication of application : 26.01.2001

(51)Int.Cl.

H03H 9/70

H03H 9/25

H04B 1/50

(21)Application number : 2000-160387

(71)Applicant : AGILENT TECHNOLOG INC

(22)Date of filing : 30.05.2000

(72)Inventor : BRADLEY PAUL D
LARSON III JOHN D
RUBY RICHARD C

(30)Priority

Priority number : 99 324618

Priority date : 02.06.1999

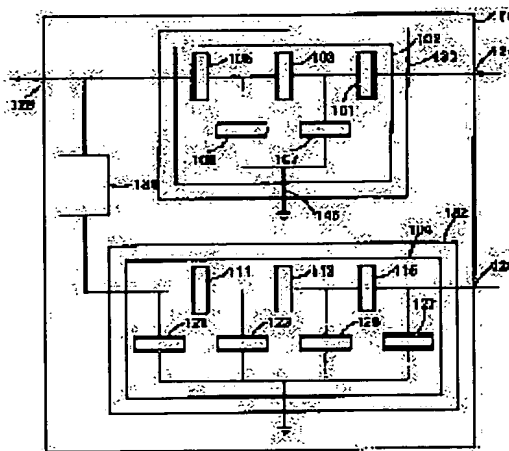
Priority country : US

(54) TRANSMISSION AND RECEPTION SWITCHING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a switch provided with steep filter characteristic by including a thin-film bulk sound wave resonator in each element of a first ladder circuit provided with a shunt element and a serial element in a first band filter and including FBAR in each second ladder circuit provided with a shunt element and a serial element in a second band filter.

SOLUTION: The antenna port 128 of a transmission/reception switching device 100 is connected with an antenna, a transmission port 124 is connected to the output of a transmitter, and a reception port 126 is connected to the input of a receiver. The frequency range of a transmission signal respectively generated by a transmitter and the frequency range of a reception signal capable of making the receiver synchronize are centered in the passing bands of filters 130 and 132. As for the filters 130 and 132, the high frequency blocking band of the filter 130 including a transmission FBAR array 102 are overlapped with the passing band of the filter 132.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2001-24476

(P 2001-24476 A)

(43) 公開日 平成13年1月26日 (2001. 1. 26)

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

テマコード (参考)

H 0 3 H 9/70

H 0 3 H 9/70

9/25

9/25

A

H 0 4 B 1/50

H 0 4 B 1/50

審査請求 未請求 請求項の数 1

O L

(全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2000-160387 (P2000-160387)

(22) 出願日 平成12年5月30日 (2000. 5. 30)

(31) 優先権主張番号 09/324618

(32) 優先日 平成11年6月2日 (1999. 6. 2)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 399117121

アジレント・テクノロジーズ・インク

AGILENT TECHNOLOGIES, INC.

アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアルト ページ・ミル・ロード 395

(72) 発明者 ポール・ディー・ブラッドリー

アメリカ合衆国 カリフォルニア州、マウンテン・ビュー (番地なし)

(74) 代理人 100105647

弁理士 小栗 昌平 (外4名)

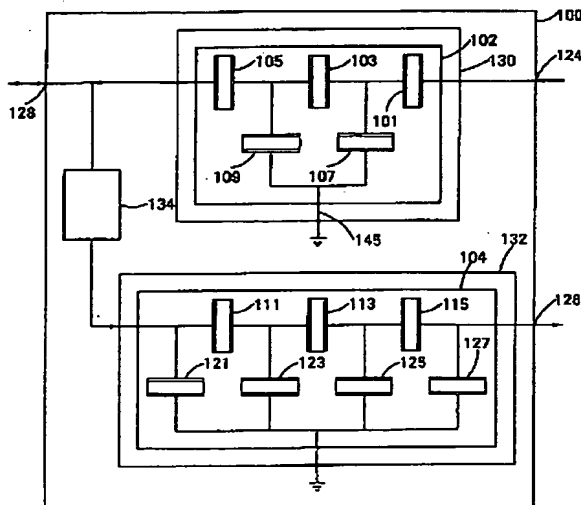
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 送受切換器

(57) 【要約】

【課題】 1 ワットを超える電力レベルによって送受切換器の信頼性又はフィルタ特性の安定性が損なわれない十分に急峻なフィルタ特性を備え、個別同調を必要としない小型化された送受切換器を提供する。

【解決手段】 本発明は、第1のポート、第2のポート、第3のポート、第1のポートと第3のポートとの間に接続された第1の帯域フィルタ及び第2のポートと第3のポートとの間に接続された直列回路を含むFBARベースの送受切換器を提供する。第1の帯域フィルタには分路素子及び直列素子を備えた第1の梯子型回路が含まれている。第1の梯子型回路の素子には、それぞれ薄膜バルク音波共振器が含まれている。直列回路には、第2の帯域フィルタと直列をなす90°移相器が含まれている。第2の帯域フィルタには分路素子及び直列素子を備えた第2の梯子型回路が含まれている。第2の梯子型回路の素子にはそれぞれFBARが含まれている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】第 1 のポート、第 2 のポート及び第 3 のポートと、

前記第 1 のポートと前記第 3 のポートとの間に接続され、分路素子及び直列素子を備えた第 1 の梯子型回路を含んでおり、前記素子のそれぞれに薄膜バルク音波共振器 (FBAR) が含まれている第 1 の帯域フィルタと、前記第 2 のポートと前記第 3 のポートとの間に接続され、第 2 の帯域フィルタと直列をなす 90° 移相器を備える直列回路と、を備え、

前記第 2 の帯域フィルタが、分路素子及び直列素子を備え、前記素子のそれぞれが薄膜バルク音波共振器 (FBAR) を有する第 2 の梯子型回路を備えることを特徴とする送受切換器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電子コンポーネントである送受切換器に係り、特に、大電力無線周波回路に用いられる電子コンポーネントである送受切換器に関する。

【0002】

【従来の技術】多くの様々な通信用途において、受信機の入力及び送信機の出力の両方に対して共用信号経路が結合されている。例えば、セルラ電話又はコードレス電話等のトランシーバの場合、受信機の入力及び送信機の出力に対してアンテナを結合することが可能である。このような構成の場合、送受切換器を用いて、共用信号経路と受信機の入力及び送信機の出力とが結合される。送受切換器は、必要な結合を可能にし、同時に、送信機によって発生した変調送信信号が、アンテナから受信機の入力に結合して戻され、受信機に過負荷をかけるのを阻止する。

【0003】既に確立された送受切換器の形態は、半二重送受切換器である。半二重送受切換器については、ニューヨークのアカデミック出版から出版されたサーフェイス・アコースティック・ウェーブ・デバイス・フォー・モバイル・アンド・ワイアレス・コミュニケーションの P 253-272 (SURFACE ACOUSTIC WAVE DEVICES FOR MOBILE AND WIRELESS COMMUNICATION., pp. 253-272, Academic Press, New York (1988)) にシー・ケー・キャンベル (C. K. Campbell) 氏による解説がある。半二重送受切換器では、スイッチを利用して、時分割的に受信機又は送信機にアンテナを接続する。半二重送受切換器は、優れた結合特性及び減衰特性を備えているが、双方が同時に話す (聞く) ことができないので、電話用途に関しては許容できない解決手法である。

【0004】電話用途に関してより許容可能性の高い形態の送受切換器は、やはり、キャンベル氏による解説にある全二重送受切換器である。全二重送受切換器の利用を可能にするには、送信信号が受信信号と異なる周波数

でなければならない。全二重送受切換器にはスイッチがなく、信号の周波数に基づいて受信信号から送信信号を分離する帯域フィルタが組み込まれている。図 6 は、セルラ電話、パーソナル通信システム (Personal Communication System; 以下、PCS という) 又は他の送信装置/受信装置に用いられる従来のフロント・エンド回路 10 を示すブロック図である。この場合、送信機 14 の電力増幅器 12 の出力及び受信機 18 の低雑音増幅器 (Low-Noise Amplifier; 以下、LNA という) 16 の入力全二重送受切換器である送受切換器 20 に接続される。

【0005】送受切換器 20 は、送信ポート 24、受信ポート 26 及びアンテナ・ポート 28 を備えた 3 ポート装置である。アンテナ・ポート 28 は、帯域フィルタ 30 を介して送信ポート 24 に接続され、直列構成をなす 90° 移相器 34 及び帯域フィルタ 32 を介して受信ポート 26 に接続されている。帯域フィルタ 30、32 の通過帯域はそれぞれ、送信機 14 によって生じる送信信号の周波数範囲及び受信機 18 を同調させることが可能な受信信号の周波数範囲を中心にする。図示の場合、帯域フィルタは、帯域フィルタ 30 の高周波阻止帯域が帯域フィルタ 32 の通過帯域と重なり、帯域フィルタ 32 の低域周波数阻止帯域が帯域フィルタ 30 の通過帯域に重なるように構成されている。

【0006】送受切換器 20 を構成する帯域フィルタ 30、32 の要件は、極めて厳しい。帯域フィルタは、電力増幅器 12 によって生じる強い送信信号からアンテナ 22 によって生じる極めて弱い受信信号を分離して、この受信信号を低雑音増幅器 16 の入力に入力する。一般に、低雑音増幅器 16 の感度は、約 -100 dBm 程度であり、電力増幅器 12 は約 28 dBm の電力量を送受切換器に入力することが可能である。この場合、送受切換器は、受信ポートで受信信号と混合された残留送信信号が低雑音増幅器に過負荷をかけるのを阻止するため、アンテナ・ポート 28 と受信ポート 26 の間で送信信号を約 50 dB だけ減衰させなければならない。

【0007】次第に普及しつつある移動電話の 1 つのタイプが、符号分割多重アクセス (Code Division Multiple Access; 以下、CDMA という) を利用する PCS (以下、CDMA PCS という) である。CDMA PCS については、ニュージャージー州・ピスカタウェイの IEEE 出版によるティー・エス・ラポール氏著の「セルラ・ラジオ・アンド・パーソナル・コミュニケーション第 2 集」の P 501-509 (T. S. Rappoport, ed., CELLULAR RADIO & PERSONAL COMMUNICATIONS, VOL. 2, pp. 501-509, IEEE Press, Piscataway, NJ, (1996)) に解説がある。CDMA PCS 装置は、約 1900 MHz の周波数帯域で動作し、送受切換器の性能に対して特に厳格な要件を課している。送信信号及び受信信号に割り当てられたスペクトル部分間の保護帯域は、搬送波周波数の約 1

%, 20 MHz にすぎない。送信信号及び受信信号に割り当てられたスペクトル部分の帯域幅は、搬送波周波数の約 3%, すなわち、60 MHz である。これは、帯域フィルタ 30, 32 が、極めて鋭いロール・オフを備える必要があることを表している。図 7 は、送信帯域及び受信帯域の基本構成を示す周波数に対する減衰量の特性格である。帯域フィルタ 30, 32 に必要とされる特性がそれぞれ破線 36 及び線 38 で示されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】セルラ電話及び PCS 装置は、常に、より小型に、より低コストになるように製造されている。一般に、いくつかのスタック式プリント回路基板は全パッケージ・サイズ内に PCS 装置の回路要素を収容するために用いられる。プリント回路基板に取り付けられるコンポーネントは、小型化しなければならないだけでなく、厳格な高さに関する要件を満たさなければならない。制限された高さより高いコンポーネントは、プリント回路基板の間隔をさらにあけることが必要になり、このため、実現可能な実装密度が低下する。また、高さの高すぎるコンポーネントは、少なくとも 1 つの隣接するプリント回路基板にそれら高すぎるコンポーネントを収容するホールをあける必要があり、実装密度の低下及びアセンブリ・コストの増大の両方をもたらすことになる。

【0009】送受切換器 20 に関するもう 1 つの問題は、その電力処理能力である。送信機 14 の電力増幅器 12 は、送受切換器 20 の送信ポート 24 に対して 1 ワットまでの電力を供給することが可能である。説明した小型化が施されると、帯域フィルタ 30, 32 は、破壊されることなく又は使用しているうちにその特性を劣化させることなく電力を供給できなければならない。

【0010】現行世代の PCS 装置は、送受切換器 20 としてセラミック・フィルタを利用している。しかし、このセラミック・フィルタは、約 $28 \times 8 \times 5$ mm とかさばり、高さの高すぎるコンポーネントであり、高価である。このようなフィルタのサンプルは、個別に同調が行われてきたことを示し、これがこのような装置のコストの要因となっている。

【0011】表面弾性波 (SAW) フィルタは、セルラ電話及び PCS 装置において送受切換器としても利用されてきた。例えば、1998 年の日本の仙台における IEEE 国際超音波シンポジウムでのオー・イケダ、エヌ・ニシハラ、ワイ・サトウ、エッチ・フクシマ及びエヌ・ヒリサワ氏らによるデザイン・オブ・アンテナ・デュプレクサ・ユージング・ラダー・タイプ・SAW・フィルタ

(O. Ikata, N. Nishihara, Y. Satoh, H. Fukushima, and N. Hirisawa, A Design of Antenna Duplexer Using Ladder Type SAW Filters, PROC. 1998 IEEE INTERNATIONAL ULTRASONICS SYMPOSIUM, SENDAI, JAPAN, paper 0-1 (Oct. 1998)) を参照されたい。上記 CDMA 用途において、十分な電

力処理能力を備えた SAW フィルタのロール・オフは、不十分な急峻さ (steep) である。その代わり、2 つの SAW フィルタと電子スイッチとを利用しなければならない。フィルタの一方によって、送信帯域及び受信帯域の上半分がカバーされ、もう一方のフィルタによって、送信帯域及び受信帯域の下半分がカバーされる。電子スイッチによって、送信帯域及び受信帯域の PCS 装置が動作している部分に基づいて、適合するフィルタが選択される。したがって、SAW フィルタをベースにした送受切換器は、許容できないほどかさばり、複雑で、高価であり、さらに、送信機出力電力にサージが生じると故障する可能性がある。

【0012】本発明は上記事情にかんがみたまされたものであり、送信帯域と受信帯域との分離が動作周波数のわずか約 1% にすぎず、1 ワットを超える電力レベルによって送受切換器の信頼性又はフィルタ特性の長期安定性が損なわれることのない CDMA PCS 装置等の用途における利用を可能にするのに十分に急峻なフィルタ特性を備える送受切換器を提供することを目的とする。また、本発明のもう 1 つの目的は、セラミック・フィルタ又は SAW フィルタをベースにした現行の送受切換器よりかなり小型であって、製造コストを低く保つことができるように個別同調を必要としない送受切換器を提供することも目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は、第 1 のポート、第 2 のポート、第 3 のポート、第 1 のポートと第 3 のポートとの間に接続された第 1 の帯域フィルタ及び第 2 のポートと第 3 のポートとの間に接続された直列回路を含む FBAR ベースの送受切換器を提供する。第 1 の帯域フィルタには分路素子及び直列素子を備えた第 1 の梯子型回路が含まれている。第 1 の梯子型回路の素子には、それぞれ薄膜バルク音波共振器 (Film Bulk Acoustic Resonator; 以下、FBAR という) が含まれている。直列回路には、第 2 の帯域フィルタと直列をなす 90° 移相器が含まれている。第 2 の帯域フィルタには分路素子及び直列素子を備えた第 2 の梯子型回路が含まれている。第 2 の梯子型回路の素子にはそれぞれ FBAR が含まれている。

【0014】帯域フィルタの少なくとも 1 つの素子に含まれる FBAR は、全体として 2 つの異なる共振周波数を備えることが可能である。

【0015】帯域フィルタの少なくとも 1 つの素子に含まれる FBAR は、全体として 3 つ以上の異なる共振周波数を備えることが可能である。

【0016】帯域フィルタの少なくとも 1 つの素子に含まれる FBAR は、全て、異なる共振周波数を備えることが可能である。

【0017】帯域フィルタの素子の少なくとも 1 つは、さらに、それに含まれる FBAR と直列をなす補助イン

ダクタを含むことが可能である。

【0018】帯域フィルタの少なくとも1つの直列素子に含まれるFBARは、全て、同じ共振周波数を備えることが可能であり、帯域フィルタの少なくとも1つの分路素子に含まれるFBARは、全て、直列素子に含まれるFBARの共振周波数とは異なる、同一の共振周波数を備えることが可能である。

【0019】補助インダクタと直列をなすFBARには、分路キャパシタンスが含まれており、補助インダクタは、第1の帯域フィルタの帯域上限、第1の帯域フィルタの帯域下限、第2の帯域フィルタの帯域上限又は第2の帯域フィルタの帯域下限に対応する周波数において、分路キャパシタンスと直列共振を生じるインダクタンスを備えている。

【0020】送受切換器には、さらに、帯域通過フィルタの少なくとも1つにおける2つの分路素子に対する共通接地接続と直列をなす補助インダクタンスを含むことが可能である。

【0021】分路素子の1つに含まれるFBARは、直列をなす第1のFBAR及び第2のFBARを含むことが可能である。

【0022】本発明によれば、また、分路素子及び直列素子を含み、直列素子及び分路素子が接続されて梯子型回路を形成し、素子のそれぞれにFBARが含まれている帯域フィルタも得られる。

【0023】最後に、本発明は、FBARの少なくとも1つが、他のFBARと共振周波数が異なるFBARの集積アレイを提供する。集積アレイには、第2の主表面と向かい合った第1の主表面を含む圧電層が含まれている。集積アレイには、さらに、圧電層の第1の主表面に配置された第1の電極と、圧電層の第2の主表面に配置された第2の電極が含まれている。FBARの1つは、第2の電極の1つが第1の電極の1つと重なる位置のそれぞれにおいて形成される。他のFBARと共振周波数が異なるFBARの1つを形成する電極は、他のFBARを形成する他の電極と重み付き厚さ(weighted thickness)が異なっている。

【0024】

【発明の実施の形態】近年の特許文献には、FBARが記載がある。例えば、本発明の譲受人に譲渡された米国特許第5,587,620号公報(本明細書において援用する)には、FBARの記載がある。図1(a)は、FBAR50を示す断面図である。

【0025】FBAR50は、基板56に形成されたウェル54の上に、その周縁で吊られた(suspend)圧電層52を備えて構成される。圧電素子のウェルの上に重なる部分の対向表面には、電極58,60が配置されている。電極58,60には、それぞれ、端子66,68を介して電気的接続が施される。圧電層52及び電極58,60は、圧電共振器スタック62を形成している。

圧電共振器スタックは、電極間に印加される電圧の大きさ及び方向に応答して、矢印64で表示される方向に伸張及び収縮する。

【0026】圧電層52と電極58,60とを備えて構成される圧電共振器スタック62は、その周縁で吊られており、その主表面が両方とも空気、他の周囲ガス又は真空と接している場合、圧電共振器スタックはQの高い音波共振器を形成する。端子66,68を介して電極58,60に加えられる交流信号は、圧電共振器スタックにおける音速をスタックの重み付き厚さの2倍で割った値に等しい周波数を備えている。すなわち、 $f_r = c / 2t_0$ 。(ここで、 f_r は共振周波数であり、 c はスタック内における音速であり、 t_0 はスタックの重み付き厚さである)の場合、その信号によって、圧電共振器スタックが共振する。圧電共振器スタックの共振周波数は、スタックを構成する材料内における音速がそれぞれに異なるため、物理的厚さではなく、重み付き厚さによって決まる。

【0027】約1900MHzで共振が生じるFBAR50の例の場合、基板56は単結晶シリコンのウェーハであり、圧電層52は厚さが約2 μ mの窒化アルミニウム(AlN)の層であり、電極58,60は厚さが約0.1 μ mのモリブデンの層である。この薄膜において、電極は圧電共振器スタック62の質量のかなりの部分を構成するので、モリブデンは電極に関して望ましい材料である。したがって、電極材料の音響特性は圧電共振器スタックのQにかなりの影響を与える。金及びアルミニウム等の一般的な電極材料に比べて、モリブデンは優れた音響特性を備えており、材質がモリブデンの電極によってFBAR50は他の材料の電極よりも高いQを有することが可能になる。FBARの構造及び製作に関するさらなる詳細については、上記特許公報及び本発明の譲受人に譲渡された米国特許出願第09/088,964号公報(本明細書において援用する)に開示されている。

【0028】図1(b)は、FBAR50の等価回路を示す回路図である。主リアクタンス成分は、電極58,60及び圧電層52によって形成されるコンデンサのキャパシタンスである分路キャパシタンス C_p である。圧電層は分路コンデンサ C_p の誘電体である。抵抗器 R_p は、分路キャパシタンス C_p の直列抵抗を表している。インダクタンス L_m 及びキャパシタンス C_m は、圧電共振器スタック62のインダクタンス及びキャパシタンスを表している。抵抗器 R_m は、圧電共振器スタックの損失を表している。抵抗器 R_s は、端子66,68と圧電共振器スタック62との間における接続の直列電気抵抗を表している。

【0029】図1(c)は、端子66と端子68との間において測定されるインピーダンス $|Z|$ 係数と周波数との関係を示す特性図である。周波数が増加するにつれ

て、インピーダンスは分路キャパシタンス C_p のインピーダンス降下のために漸次降下する。インピーダンスは、最終的には、機械的インダクタンス L_m と機械的キャパシタンス C_m との間の直列共振周波数で最低値に到達する。その後、インピーダンスは急激に上昇し、機械的インダクタンス L_m 及び直列に組み合わせられた機械的キャパシタンス C_m と分路キャパシタンス C_p との間の並列共振周波数で最高値に到達する。分路キャパシタンスは機械的キャパシタンスの約20倍であるため、直列共振と並列共振との周波数差は小さい。周波数が並列共振周波数を超えると、インピーダンスは急峻な降下を示す。この開示においてFBARの共振周波数に言及する場合、別段の記述のない限り、FBARの並列共振周波数について言及したものと解釈すべきである。

【0030】図2は、本発明の第1の実施形態に係る送信FBARアレイ102及び受信FBARアレイ104を組み込んだ送受切換器を示す回路図である。送受切換器100は、CDMA PCS装置に用いるのに適した送信ポート124、受信ポート126及びアンテナ・ポート128を含む3ポート装置である。送受切換器は、90°移相器134、送信FBARアレイ102を含む送信帯域フィルタ130及び受信FBARアレイ104を含む受信帯域フィルタ132を備えて構成されている。送信ポート124は、送信帯域フィルタ130を介してアンテナ・ポート128に接続されている。アンテナ・ポート128は、直列構成をなす90°移相器134及び受信帯域フィルタ132を介して、受信ポート126に接続されている。

【0031】PCS装置、セルラ電話又は他の送信/受信装置に用いられる場合、図2に示す回路と同様の回路構成において、送受切換器100のアンテナ・ポート128はアンテナ（図示せず）に接続され、送信ポート124は送信機（図示せず）の出力に接続され、受信ポート126は受信機（図示せず）の入力に接続される。帯域フィルタ130及び132の通過帯域は、それぞれ、送信機によって生じる送信信号の周波数範囲及び受信機を同調させることが可能な受信信号の周波数範囲を中心にする。図示の例の場合、送信及び受信帯域フィルタ130及び132は、送信FBARアレイ102を含む送信帯域フィルタ130の高周波阻止帯域が、受信FBARアレイ104を含む受信帯域フィルタ132の通過帯域と重なり、受信帯域フィルタ132の低周波阻止帯域が、送信帯域フィルタ130の通過帯域に重なるように構成されている。

【0032】次に、送信帯域フィルタ130の構造について説明する。送信帯域フィルタは、送信FBARアレイ102を備えて構成されている。送信FBARアレイ102は、梯子型回路を形成するように接続された直列FBAR101、103、105と分路FBAR107、109とを備えて構成されている。直列FBARは

送信ポート124とアンテナ・ポート128との間に直列に接続されており、分路FBAR107は、アースと直列FBAR103及び直列FBAR105の間のノードとの間に接続されている。したがって、図示の例の場合、FBAR101、103、105、107、109は、2 1/2段の梯子型回路を形成している。しかし、梯子型回路における段数は、本発明にとって重要なものではない。FBARアレイ102において、1つの直列FBARと1つの分路FBARとでそれぞれ構成される全段の数及び1つの直列FBAR又は1つの分路FBARでそれぞれ構成される半段の数は、送信帯域フィルタ130の所望のフィルタ特性及び送信FBARアレイ102を構成する個々のFBARの特性によって決まる。例えば、好適には、送信帯域フィルタはFBAR105のない2段フィルタである。

【0033】次に、受信帯域フィルタ132の構造について説明する。受信帯域フィルタ132は、受信FBARアレイ104を備えて構成されている。受信FBARアレイ104は、梯子型回路を形成するように接続された直列FBAR111、113、115と分路FBAR121、123、125、127とを備えて構成されている。直列FBARは、アンテナ・ポート128から遠隔の90°移相器134の端部と受信ポート126との間に直列に接続されている。分路FBAR121は、アースと直列FBAR111及びアンテナ・ポート128から遠隔の90°移相器134の端部の間のノードとの間に接続されている。分路FBAR123はアースと直列FBAR111及び直列FBAR113間のノードとの間に接続されており、分路FBAR125はアースと直列FBAR113及び直列FBAR115間のノードとの間に接続されており、分路FBAR127はアースと直列FBAR115及び受信ポート126の間のノードとの間に接続されている。したがって、図示の例の場合、FBAR111、113、115、121、123、125、127は、3 1/2段の梯子型回路を形成している。しかし、梯子型回路における段数は本発明にとって重要なものではない。必要とされる全段の数及び半段の数は受信帯域フィルタ132の所望のフィルタ特性及び受信FBARアレイ104を構成する個々のFBARの特性によって決まる。

【0034】90°移相器134として用いるのに適した回路は当該技術において周知である。例えば、90°移相器134は、集中インダクタ及びコンデンサ又は $\lambda/4$ 伝送ラインを備えて構成することが可能である。

【0035】それぞれ、送信帯域フィルタ130及び受信帯域フィルタ132の所望のフィルタ特性が得られるようにFBARアレイ102及び104の設計を行うため、発明者は、カリフォルニア州・ウェストレイク・ビレッジのHP EEs of Corp. によって販売されているマイクロウェーブ・デザイン・システム（MD

S) (Microwave Design System (MDS), release 7.0 (1996)) と呼ばれる市販のマイクロ波設計シミュレータを利用した。各 FBAR アレイの個々の FBAR は、図 1 (b) に示す修正されたバタワースーパン・ダイク回路 (Butterworth-VanDyke circuit) を用いてモデル化された。この設計シミュレータは、面積を最適化し、FBAR アレイ 102、104 のそれぞれにおける FBAR の必要とされる共振周波数を計算するために利用された。発明者は、物理的シミュレータを用いて各 FBAR の圧電共振器スタック (図 1 (a) に符号 62 で示す) をモデル化し、圧電共振器スタックを構成する層の物理的特性を明らかにし、必要とされる共振周波数を実現する、各 FBAR を構成する圧電共振スタック層の厚さを計算した。このシミュレータについては、マサチューセッツ州ケンブリッジのマスソフト・インク (Mathsoft, Inc.) によって販売されているマス・キャド 8 (Mathcad 8) に記載があり、1964 年にニューヨーク州のアカデミック出版から出版された「フィジカル・アコースティック・プリンシプル・アンド・メソッド 第 1.1A 集」(PHYSICAL ACOUSTICS PRINCIPLES AND METHODS, Vol. 1A, pp. 239-247, Academic Press, New York (1964)) においてダブリュ・ピー・マソン (W. P. Mason) 氏によって解説されたモデルをベースにしたものである。

【0036】CDMA PCS 装置の送受切換器 100 の送信帯域フィルタ 130 の所望のフィルタ特性が得るため、送信 FBAR アレイ 102 を構成する直列 FBAR 101~105 は全て同じ共振周波数を備えることが可能であり、分路 FBAR 107 及び 109 は両方とも同じ共振周波数を備えることが可能である。しかし、直列 FBAR の共振周波数は分路 FBAR の共振周波数より約 3% 高い。

【0037】全ての直列 FBAR が同じ共振周波数を備え、全ての分路 FBAR が直列 FBAR の共振周波数とは異なる、同一共振周波数を備えている送信 FBAR アレイ 102 によって得られるフィルタ特性とは異なる送信帯域フィルタ 130 のフィルタ特性が用途によっては必要になる場合もある。この場合、送信 FBAR アレイは全体として 2 つ以上の異なる共振周波数を有する FBAR を備えて構成することが可能である。

【0038】受信帯域フィルタ 132 に用いられる FBAR アレイ 104 は、全て同じ共振周波数を備える直列 FBAR と、全て直列 FBAR の共振周波数とは異なる、同一共振周波数を備える分路 FBAR とを備えて構成することも可能である。しかし、CDMA PCS 装置の送受切換器 100 の場合、受信帯域フィルタ 132 は、受信ポート 126 における受信信号と混合される残留送信信号によって、受信ポートに接続された受信機の高感度で低雑音の増幅器に過負荷が加えられることがないほどの低レベルまで、アンテナ・ポート 128 にお

る送信信号を減衰させることが必要になる。したがって、受信帯域フィルタ 132 の送信信号除波要件は、送信帯域フィルタ 130 の受信信号除波要件よりもかなり厳しいものになる。今日の FBAR 製作技術を利用すると、直列 FBAR が全て同じ共振周波数を備え、分路 FBAR が全て直列 FBAR の共振周波数とは異なる同じ共振周波数を備える受信 FBAR アレイ 104 の実施態様に関する除波要件を満たすのは困難である。

【0039】受信 FBAR アレイ 104 において、CDMA PCS 装置の受信帯域フィルタ 132 が所望のフィルタ特性が得られるようにするために、全ての分路 FBAR が、同じ共振周波数を備えるわけではないが、直列 FBAR は全て同じ共振周波数を備えることが可能である。換言すれば、受信 FBAR アレイを構成する FBAR は、全体として 3 つ以上の異なる共振周波数を備えることが望ましい。場合によっては、受信 FBAR アレイを構成する FBAR が全て異なる共振周波数を備えることも可能である。

【0040】図示の例の場合、受信 FBAR アレイ 104 の直列 FBAR 111、113、115 の共振周波数は、後述するように、送信帯域フィルタ 130 及び受信帯域フィルタ 132 の特性をインターリーブするため、送信 FBAR アレイ 102 の直列 FBAR 101、103、105 の共振周波数よりも約 80 MHz 高い。

【0041】最近になって、一般的な圧電層上に製作されたいくつかの相互接続 FBAR を備える集積 FBAR アレイが製造されている。送信 FBAR アレイ 102 及び受信 FBAR アレイ 104 として、このような集積 FBAR アレイを用いることによって、極めて小さい送受切換器 100 の製作が具体化可能になる。図 3 (a) 及び図 3 (b) は、FBAR アレイ 102 及び 104 に必要とされるような梯子型回路を形成するように相互接続された 6 つの FBAR 72、73、74、75、76、77 を備えて構成される FBAR アレイ 70 を示す構造図である。図 1 (a) に示す単一 FBAR 50 と同様に、圧電層 78 がシリコン基板 82 上に形成されたウェル 80 の上に、その周縁で吊られている。電極 83、84、85、86、87 が圧電層表面の基板から遠隔の部分に配置されている。図 3 (a) に破線で示された電極 88 及び電極 89 が、圧電層表面の基板に面した部分に配置されている。FBAR は圧電層の両側表面の電極が重なるところに形成される。例えば、FBAR 72 は電極 83 及び電極 88 が重なるところに形成されている。

【0042】基板 82 に形成された単一ウェル 80 に対する好適な代替案として、基板に FBAR 72~77 のそれぞれに 1 つずつの複数ウェルを形成すると、FBAR はそれぞれ個々のウェルの上に吊られることになる。FBAR のそれぞれに個別のウェルを設けることによって、FBAR の Q が高くなり、信頼性が向上する。

【0043】FBAR 72~77 のそれぞれの概略が鎖

線で示されている。図3に示すFBARの輪郭形状は、図面を単純化するためにかなり様式化されている。本開示の譲受人に譲渡され、参考のために本明細書に組み込まれている米国特許出願第09/282,082号公報に記載されているように、実際のFBARは、形状が不規則であり、長さの異なる非平行側面を備えている。不規則な形状と、長さの異なる非平行側面のため、別様であれば、FBARの周波数応答を劣化させることになる。スプリアス横方向共振の発生が減少する。さらに、FBARアレイ70を構成するFBARは、一般に、面積が異なっている。

【0044】約0.8平方mmで、厚さ0.14mmのシリコン基板上に製作される集積FBARアレイを用いて、それぞれ送受切換器100のFBARアレイ102及び104を得ることが可能である。

【0045】FBARアレイ102及びFBARアレイ104を構成する個別FBARの特性は、圧電層の厚さ並びにFBARの電極の面積及び厚さによって決まる。例えば、集積FBARアレイ70の場合、FBAR72の特性は、圧電層78の厚さ、電極83と電極88との間における重なり面積及び電極83及び電極88の厚さによって決まる。

【0046】FBARアレイ70を構成するFBARは、共通圧電層78を共用しているので、アレイ内におけるFBARのそれぞれの共振周波数は、FBARの電極の少なくとも1つの厚さを決めることによって設定される。

【0047】全ての直列FBARが同じ共振周波数を備えており、そして、全ての分路FBARが同じ共振周波数を備えかつその共振周波数が直列FBARの共振周波数とは異なる、FBARアレイ102及び104の実施態様として用いられる集積FBARアレイ70の実施態様では、少なくとも1つの電極が分路FBARの対応する電極よりも厚くなるように分路FBARを製作することによって、分路FBARの共振周波数が直列FBARの共振周波数に対して低下する。全ての直列FBARが同じ共振周波数を備え、そして、全ての分路FBARが同じ共振周波数を備えかつその共振周波数が直列FBARの共振周波数とは異なる、集積FBARアレイの製作に必要とされるプロセスは、全てのFBARが同じ共振周波数を備える集積FBARアレイの製作に必要とされるプロセスよりもほんの少し複雑である。

【0048】FBARが、全体として、CDMA PCS装置の送受切換器に用いられる受信FBARアレイ104の実施態様のように、3つ以上の共振周波数を備えるFBARアレイ102及び104の実施態様に用いられるFBARアレイ70の実施態様では、FBARの電極は異なる共振周波数の数に対応する数の異なる厚さを備えている。今日の集積FBARアレイ製作技術を用いて、電極が全体として3つ以上の異なる厚さを備え、ア

レイにおけるFBARの数に対応する数の厚さを備えることが可能な、CDMA PCS装置の送受切換器における受信FBARアレイ104として用いられる集積FBARアレイの実施態様を製作することは困難である。しかし、このようにして受信FBARアレイを製作すると、送受切換器100は、2つのFBARアレイ102及び104と90°移相器134だけから構成されるので、送受切換器100のサイズが最小限に抑えられる。図4は、本発明の第2の実施形態に係る送受切換器を示す回路図である。本実施形態は、図2に示す実施形態と比較すると、幾分大きいのが、その受信FBARアレイ204は、今日の集積FBARアレイ製作技術を用いて製作するのが容易であり、コストも低い。送受切換器200は、CDMA PCS装置の送受切換器としての利用に適したものにするフィルタ特性を備えているが、送信FBARアレイ202及び受信FBARアレイ204は、両方とも、全てが同じ共振周波数を備える直列FBARと、全てが、直列FBARの共振周波数とは異なる、同じ共振周波数を備える分路FBARとを備えてそれぞれ構成されている。これによって、FBARが全体として2つの共振周波数だけしか備えていない集積FBARを、FBARアレイ202及び204のそれぞれとして用いることが可能になる。こうした集積FBARアレイは、FBARの全てが同じ共振周波数を備えているFBARアレイを製作するためのプロセスと比べて、複雑さがほとんど変わらないプロセスによって製作することが可能である。図2及び図4と重複する部分には同一の符号を付して説明を省略する。

【0049】送受切換器200は、送信ポート124、受信ポート126及びアンテナ・ポート128を備えた3ポート装置であり、90°移相器134、送信FBARアレイ202を有する送信帯域フィルタ230及び受信FBARアレイ204を含む受信帯域フィルタ232を備えて構成されている。送信ポート124は、送信帯域フィルタを介してアンテナ・ポート128に接続されている。アンテナ・ポート128は、直列構成をなす90°移相器及び受信帯域フィルタを介して受信ポート126に接続されている。

【0050】PCS装置、セルラ電話又は他の送信/受信装置に用いられる場合、図2に示すものと同様の回路構成において、送受切換器200のアンテナ・ポート128はアンテナ（図示せず）に接続され、送信ポート124は送信機（図示せず）の出力に接続され、受信ポート126は、受信機（図示せず）の入力に接続される。帯域フィルタ230及び232の通過帯域は、それぞれ、送信機によって生じる送信信号の周波数範囲及び受信機を同調させることが可能な受信信号の周波数範囲を中心にする。図示の例の場合、帯域フィルタ230及び232は、送信帯域フィルタ230の高周波阻止帯域が、受信帯域フィルタ232の通過帯域と重なり、受信

10

20

30

40

50

帯域フィルタの低周波阻止帯域が、送信帯域フィルタの通過帯域と重なるように構成されている。

【0051】次に、受信帯域フィルタ232について説明する。受信帯域フィルタは、受信FBARアレイ204、直列補助インダクタ241、243及び分路補助インダクタ231、233、235、237を備えて構成されている。受信FBARアレイは、梯子型回路を形成するように接続された直列FBAR211、213、215と、分路FBAR221、223、225、227とを備えて構成されている。直列補助インダクタ241、直列FBAR211、213、215及び直列補助インダクタ243は、アンテナ・ポート128から遠隔の90°移相器134の端部と受信ポート126との間に直列に接続されている。分路FBAR221及び分路補助インダクタ231は、アースと直列補助インダクタ141及び直列FBAR211間のノードとの間に直列に接続されている。分路FBAR223及び分路補助インダクタ233は、アースと直列FBAR211及び213間のノードとの間に直列に接続されている。分路FBAR225及び分路補助インダクタ235は、アースと直列FBAR213及び215間のノードとの間に直列に接続されている。分路FBAR227及び分路補助インダクタ237は、アースと直列FBAR215及び直列補助インダクタ243間のノードとの間に直列に接続されている。したがって、図4の場合、FBAR及び補助インダクタは、31/2段梯子型回路をなすように接続されている。しかし、梯子型回路の段数は、本発明にとって重要ではない。必要とされる全段の数及び半段の数は、受信帯域フィルタ232の所望のフィルタ特性、受信FBARアレイ204を構成する個別FBARの特性及び補助インダクタの特性によって決まる。

【0052】FBARアレイ204の場合、直列FBAR211、213、215は、全て同じ共振周波数を備え、分路FBAR221、223、225、227は、全て同じ共振周波数を備えている。図4の場合、直列FBARの共振周波数は、分路FBARの共振周波数より約3%高い。図3(a)及び図3(b)に示す集積FBARアレイ70と同様の集積FBARアレイが、FBAR204として用いられる場合、共振周波数の差は、それらの質量を増加させるために分路FBARの電極だけに追加金属を堆積させる追加ステップによって得られる。

【0053】FBARアレイ204で示すように、直列FBAR211、213、215の1つに接続されない分路FBAR221、223、225、227の電極は、まとめて共通端子に接続されるのではなく、独立した端子に接続される。独立した端子によって、分路補助インダクタ231、233、235、237は、それぞれ、分路FBAR221、223、225、227と直列に接続することが可能になる。

【0054】図1(b)に示すFBARの修正されたバターワース・バン・ダイク等価回路を検査することによって分かるように、補助インダクタをFBARの端子の1つに直列に接続することによって、補助インダクタはFBARの機械的インダクタンス L_m 及び分路キャパシタンス C_p の両方に対して直列になる。各補助インダクタンスには2つの主たる効果、すなわち、FBARの直列共振周波数をわずかに低下させる効果と、追加直列共振を生じさせる効果がある。補助インダクタンスはFBARの並列共振周波数に対してごくわずかな影響しか及ぼさない。

【0055】補助インダクタ231、233、235、237を用いて、受信帯域フィルタ232を構成するFBAR221、223、225、227の直列共振周波数を異なる量ずつ低下させると、FBARアレイ204における全ての直列FBARが、同じ共振周波数を備え、FBARアレイにおける全ての分路FBARが、同じ共振周波数を備えるという制約条件にもかかわらず、理想の周波数特性を備えた受信帯域フィルタが得られる。

【0056】追加直列共振は、補助インダクタンスと分路キャパシタンス C_p との間に生じる。各追加直列共振によって、受信帯域フィルタの周波数応答にゼロが追加される(additional null)。補助インダクタンスの値は、追加共振周波数を設定し、下記の周波数領域の1つにゼロを追加するように企図されている：送信帯域の低周波数端、送信帯域と受信帯域のクロスオーバー領域及び受信帯域の高周波数端。受信帯域フィルタの周波数応答にゼロを追加することによって、実際の実施態様は、送信周波数範囲において部分的に50dBを超える減衰を生じさせることが可能になる。この減衰量は、これまで、本発明による帯域フィルタと同等のサイズを備えた帯域フィルタを用いて実現されることはなかった。

【0057】上記のモデル化ツールは、送受切換器200をモデル化し、FBARアレイ204を構成するFBARが、2つの異なる共振周波数だけしか備えていないにもかかわらず、受信帯域フィルタ232にその所望のフィルタ特性を提供する補助インダクタ231、233、235、237、241、243の値を決定するために利用される。図4の場合、補助インダクタのインダクタンスは、2~5nHの範囲内である。これは、約80nHであるFBARの機械的インダクタンス L_m に比べて小さい。したがって、補助インダクタとして比較的質の劣るインダクタを利用しても、FBARの直列共振のQが大幅に劣化することはない。

【0058】好適には、各分路補助インダクタ231、233、235、237のそれぞれのインダクタンスは、FBARアレイ204のパッケージのそれぞれのボンディング・ワイヤのインダクタンス、個別チップ・インダクタのインダクタンス及びFBARアレイ202及

びFBARアレイ204が送受切換器200を形成するように取り付けられたプリント回路基板の導電性トレースのインダクタンスとを直列に組み合わせることによって得られた。導電性トレースは、パッケージのピンを個別インダクタに接続し、個別インダクタをアースに接続するトレースであった。さらに、FBARアレイ204のパッケージのボンディング・ワイヤに関するインダクタンスは、直列補助インダクタンス241及び243の少なくとも一部において得られた。

【0059】上記のように、図4の場合、受信FBARアレイ204の直列FBAR211、213、215の共振周波数は、上記の送信帯域フィルタ130及び受信帯域フィルタ132の特性をインターリーブするため、送信FBARアレイ102の直列FBAR101、103、105の共振周波数より約80MHz高い。

【0060】全ての用途において、受信帯域フィルタ232に、補助インダクタ231、233、235、237、241、243の全てが含まれている必要はない。こうした用途の場合、図2に示す第1の実施形態のように、分路FBARの少なくとも1つが直接アースに接続される構成によって、許容可能なフィルタ特性を得ることが可能である。

【0061】次に、送信帯域フィルタ230について説明する。送信帯域フィルタの所望のフィルタ特性を満たすのに十分な高さのQを備えたFBARが利用可能であれば、送信帯域フィルタ230として、図2に示す送信帯域フィルタ130と同じ帯域フィルタを利用することが可能になる。十分な高さのQを備えたFBARが利用できない場合、あるいは、送信帯域フィルタのフィルタ特性に関してより大きい安全余裕度が必要とされる場合、送信帯域フィルタとして、図4に示すような分路補助インダクタを含む構成を利用することが可能である。送信FBARアレイは、梯子型回路を形成するように接続された直列FBAR201、203、205と分路FBAR207、209とを備えて構成されている。直列FBAR201、203、205は、送信ポート124とアンテナ・ポート128との間に直列に接続される。分路FBAR207及び分路補助インダクタ241は、アースと直列FBAR201及び203間のノードとの間に直列に接続される。分路FBAR209及び分路補助インダクタ243は、アースと直列FBAR203及び205間のノードとの間に直列に接続される。したがって、図4の場合、FBAR及び補助インダクタを接続することによって、21/2段梯子型回路が得られる。

【0062】送信帯域フィルタ230の梯子型回路における段数は、本発明にとって重要ではない。必要とされる全段の数及び半段の数は、送信帯域フィルタの所望のフィルタ特性、受信FBARアレイ202を構成する個々のFBARの特性及び補助インダクタの特性によって決まる。好適には、送信フィルタは直列FBAR205

のない2段梯子型回路を備えて構成される。

【0063】送信帯域フィルタ230のフィルタ特性に対する補助インダクタの影響は、送信アレイのフィルタ特性に対する補助インダクタの上記の影響に相当するため、詳細な説明は控えることにする。

【0064】補助インダクタと送信帯域フィルタ230の分路FBAR207及び209のそれぞれとの直列接続の代替案として、単一補助インダクタンスと分路FBAR107及び109の共通アース経路245を直列にすることも可能である。説明した単一補助インダクタンスを接続することによって、送信帯域フィルタの帯域より高い成分の除波が向上し、帯域より低い成分の除波が劣化する。図4に示すように、補助インダクタと両方の分路FBARが直列に接続されると、帯域より高い成分と帯域より低い成分の除波が両方とも向上する。

【0065】図4に示す送受切換器200のプロトタイプの実施態様では、送信ポート124とアンテナ・ポート128との間の挿入損失が、送信帯域の大部分にわたって3dB未満であった。送信ポート124から受信ポート126までの分離は、送信帯域の大部分にわたって50dBを超え、受信帯域にわたって46dBを超えた。

【0066】送受切換器200を構成する帯域通過フィルタ230及び232は、送信帯域にわたって2ワットC. W. の電力処理能力を一貫して備えている。

【0067】本発明によるプロトタイプのFBARをベースにした送受切換器は、(A Miniaturized Dielectric Monoblock Duplexer for 1.9 GHz Band PCS Telephone System, 96 IEICE, no. 349 (CPMG 960103), pp55-60 (1996))において、ティー・オカダ氏、ティー・ツジグチ氏及びエッチ・マツモト氏(T. Okada, T. Tsujiguchi, and H. Matumoto)によって解説されたCDMA PCSの1900MHzセラミック共振器による送受切換器の仕様の多くに合致するか、又は、それを超える。プロトタイプのFBARをベースにした送受切換器のパッケージ寸法は、約8mm×5mm×2mmであり、したがって、プロトタイプのFBARをベースにした送受切換器の体積は、上記セラミック送受切換器の約1/14になる。より重要なことは、プロトタイプのFBARをベースにした送受切換器の高さが、セラミック送受切換器の約1/3になるので、FBARをベースにした送受切換器は、もはやプリント回路基板において最も高さの高いコンポーネントではないという点である。これは、PCS装置、セルラ電話又はコードレス電話の送受器のような薄い形状係数の用途において有利である。

【0068】SAW送受切換器は、本発明によるプロトタイプのFBARをベースにした送受切換器とほぼ同じサイズを備えているが、SAW技術では、まだ、CDMA PCSの20MHz保護帯域のロール・オフ要件を満たすのに必要な電力処理能力及び高いQが実現されてい

ない。したがって、上記のように、必要な特性を得るためには、2つ以上のSAWフィルタを利用しなければならない。このため、送受切換器の体積がそれに比例して増大せざるを得なくなる。

【0069】本発明によるFBARベースの送受切換器では、それぞれのFBARアレイを構成するFBARの面積によって、送受切換器の特性インピーダンスが決まる。送受切換器の特性インピーダンスは、アンテナの特性インピーダンスと整合しなければならない。アンテナの特性インピーダンスは、一般に 50Ω である。 50Ω の特性インピーダンスに合わせて受信FBARアレイ204を設計することによって、受信ポート126に隣接した分路FBAR227のサイズが、分路FBAR223及び225よりかなり小さくなり、 90° 位相器134に隣接した分路FBAR221のサイズが、分路223及び225より小さくなる。分路FBAR227は、そのサイズが小さくなることによって、Qが残りのFBARよりもかなり低くなる。FBAR227のQが低下すると、受信帯域フィルタ232のフィルタ特性が劣化する。

【0070】図5は、本発明の第3の実施形態に係る送受切換器300を示す回路図である。本実施形態の場合、受信帯域フィルタ332は、 50Ω の特性インピーダンスを備えているが、受信FBARアレイ304の分路FBAR337は、サイズ及びQが分路FBAR233及び235と同等の構成要素を備えて構成されている。図3及び図4に示す送受切換器の構成要素に対応する図5に示す送受切換器300の構成要素は、同じ参照番号を用いて表示されており、ここでは再度の説明を省略する。

【0071】送受切換器300の場合、分路インピーダンスは、FBAR227とほぼ同じに保たれ、Qは、単一FBARの約2倍の面積を備える2つのFBAR351及び353の直列構成を利用して改善されている。したがって、FBAR351及び353は、面積がFBAR223及び225の2倍であり、Qはもっと高くなる。結果として、第3の実施形態である 50Ω の特性インピーダンスを備えた送受切換器300は、第2の実施形態である 50Ω の特性インピーダンスを備えた送受切換器200よりも優れたフィルタ特性を備える。また、FBAR351及び353の直列構成は、単一FBAR227の4倍の電力に耐える。

【0072】送受切換器300のフィルタ特性のさらなる改善は、単一小面積FBARではなく、直列構成をなす2つのFBAR355及び357をFBAR321として用いることによって達成するのが望ましい。

【0073】直列に接続されたFBAR351及び353とFBAR355及び357とは、上記のように面積が等しいが、これは、本発明にとって重要ではない。直列に接続されたFBARによって必要なインピーダンス

が得られる場合には、FBAR351及び353は、異なる面積にすることが可能である。しかし、FBARの面積が等しい場合、最高のQが得られる。さらに、それぞれ直列に接続された3つのFBARによって置き換えられる単一FBARのほぼ3倍の面積を備える、直列に接続された3つのFBARを用いることによって、Qをさらに高めることが可能である。

【0074】FBARアレイが、FBARの電極の一方又は両方の物理的厚さを決めることによって、個別FBAR又はFBARグループの共振周波数が設定される集積FBARアレイによって実施される実施形態について、本発明の説明を行ってきたが、これは本発明にとって重要ではない。上記のように、FBARの共振周波数は、その圧電共振器スタックの重み付き厚さによって決まる。スタックの異なる材料によって音速がそれぞれ異なるため、圧電共振器スタックの重み付き厚さは、スタックの物理的厚さとは異なる。圧電共振器スタックの重み付き厚さと同様の概念の重み付き厚さをFBARの電極に割り当てることが可能である。電極材料における音速を考慮に入れるため、電極の重み付き厚さは電極の物理的厚さとは異なる。FBARの電極の一方又は両方の重み付き厚さを変更すると、FBARの圧電共振器スタックの重み付き厚さ、したがって、FBARの共振周波数が変化する。上記のように、電極の物理的厚さを変更するか、電極材料を音速の異なる材料に変更するか、又は電極の厚さ及び電極材料の両方を変更することによって電極の重み付き厚さを変更することが可能である。したがって、例えば、FBARアレイ202の分路FBARを構成する集積FBARアレイ70のFBARは、全て同じ厚さを備えることが可能であり、FBARアレイ202の分路FBARを構成する集積FBARアレイ70のFBARの電極は、全て、直列FBARの厚さを超える厚さでありかつ同じ厚さを備えることが可能である。代替として、FBARアレイ202の直列FBARを構成する集積FBAR70のFBARの電極及びFBARアレイ202の分路FBARを構成する集積FBAR70のFBARの電極を、同様の厚さの異なる電極材料から製作することによって、同様の結果を得ることが可能である。直列FBARの電極の電極材料における音速は、分路FBARの電極の電極材料における音速よりも低くなるであろう。

【0075】この開示によって、本発明の例証となる実施形態が明らかにされたが、本発明は、開示された実施形態に制限されるものではなく、付属の請求項において定義された本発明の範囲内においてさまざまな修正を施すことが可能である。

【0076】以下に、本発明の実施の形態を要約する。

【0077】1. 第1のポート、第2のポート及び第3のポートと、前記第1のポートと前記第3のポートとの間に接続され、分路素子及び直列素子を備えた第1の

10

20

30

40

50

梯子型回路を含んでおり、前記素子のそれぞれに薄膜バ
ルク音波共振器 (F B A R) が含まれている第 1 の帯域
フィルタと、前記第 2 のポートと前記第 3 のポートとの
間に接続され、第 2 の帯域フィルタと直列をなす 90°
移相器を備える直列回路と、を備え、前記第 2 の帯域フ
ィルタは、分路素子及び直列素子を備え、前記素子のそ
れぞれが薄膜バルク音波共振器 (F B A R) を有する第
2 の梯子型回路を備える送受切替器。

【0078】2. 前記 F B A R がそれぞれ共振周波数
を備え、前記第 1 の帯域フィルタの前記直列素子に含
まれる前記 F B A R が、全て、同じ共振周波数を備え、前
記第 1 の帯域フィルタの前記分路素子に含まれる前記 F
B A R が、全て、前記直列素子に含まれる前記 F B A R
の前記共振周波数とは異なる、同じ共振周波数を備える
上記 1 記載の送受切替器。

【0079】3. 前記第 2 の帯域フィルタの前記素子
に含まれる前記 F B A R が、全体として、2 つの異なる
共振周波数を備える上記 2 記載の送受切替器。

【0080】4. 前記第 2 の帯域フィルタの前記素子
に含まれる前記 F B A R が、全体として、3 つ以上の異
なる共振周波数を備える上記 2 記載の送受切替器。

【0081】5. 前記第 2 の帯域フィルタの前記素子
に含まれる前記 F B A R が、全て、異なる共振周波数を
備える上記 2 記載の送受切替器。

【0082】6. 前記帯域フィルタの前記素子の少な
くとも 1 つに、さらに F B A R と直列をなす補助インダ
クタが含まれる上記 2 記載の送受切替器。

【0083】7. 前記第 2 の帯域フィルタの前記直列
素子に含まれる前記 F B A R が、全て、同じ共振周波数
を備え、前記第 2 の帯域フィルタの前記分路素子に含
まれる前記 F B A R が、全て、前記第 2 の帯域フィルタの
前記直列素子に含まれる前記 F B A R の前記共振周波数
とは異なる、同じ共振周波数を備える上記 6 記載の送受
切替器。

【0084】8. 前記第 1 の帯域フィルタ及び前記第
2 の帯域フィルタが、それぞれ、帯域上限と帯域下限と
を備えており、前記第 1 の帯域フィルタの前記帯域上限
及び前記帯域下限の一方が、前記第 2 の帯域フィルタの
前記帯域上限及び前記帯域下限のもう一方に重なり、前
記 F B A R が分路キャパシタンスを備え、前記補助イン
ダクタが、前記第 1 の帯域フィルタの前記帯域上限及び
前記帯域下限並びに前記第 2 の帯域フィルタの前記帯域
上限及び帯域下限の 1 つに対応する周波数で、前記分路
キャパシタンスと直列共振を生じるインダクタンスを備
える上記 6 記載の送受切替器。

【0085】9. 前記分路素子の 1 つに含まれる前記
F B A R が、第 1 の F B A R と、前記第 1 の F B A R と
直列をなす第 2 の F B A R と、を備える上記 2 記載の送
受切替器。

【0086】10. 前記 F B A R が、それぞれ、共振

周波数を備え、前記帯域フィルタの少なくとも 1 つの前
記素子に含まれる前記 F B A R が、全体として、2 つの
異なる共振周波数を備える上記 1 記載の送受切替器。

【0087】11. 前記 F B A R が、それぞれ、共振
周波数を備え、前記帯域フィルタの少なくとも 1 つの前
記素子に含まれる前記 F B A R が、全体として、3 つ以
上の異なる共振周波数を備える上記 1 記載の送受切換
器。

【0088】12. 前記 F B A R が、それぞれ、共振
周波数を備え、前記帯域フィルタの少なくとも 1 つの前
記素子に含まれる前記 F B A R が、全て、異なる共振周
波数を備える上記 1 記載の送受切換器。

【0089】13. 前記帯域フィルタの前記素子の少
なくとも 1 つに、さらに、それに含まれる前記 F B A R
と直列をなす補助インダクタが含まれる上記 1 記載の送受
切換器。

【0090】14. 前記第 2 の帯域フィルタの前記直
列素子に含まれる前記 F B A R が、全て、同じ共振周波
数を備え、前記第 2 の帯域フィルタの前記分路素子に含
まれる前記 F B A R が、全て、前記第 2 の帯域フィルタ
の前記直列素子に含まれる前記 F B A R の前記共振周波
数とは異なる、同じ共振周波数を備える上記 13 記載の
送受切換器。

【0091】15. 前記第 1 の帯域フィルタ及び前記
第 2 の帯域フィルタが、それぞれ、帯域上限と帯域下限
を備えており、前記第 1 の帯域フィルタの前記帯域上限
及び前記帯域下限の一方が、前記第 2 の帯域フィルタの
前記帯域上限及び前記帯域下限のもう一方に重なり、前
記 F B A R が分路キャパシタンスを備え、前記補助イン
ダクタが、前記第 1 の帯域フィルタの前記帯域上限及び
前記帯域下限並びに前記第 2 の帯域フィルタの前記帯域
上限及び帯域下限の 1 つに対応する周波数で、前記分路
キャパシタンスと直列共振を生じるインダクタンスを備
える上記 13 記載の送受切換器。

【0092】16. 前記補助インダクタが、前記分路
素子の 1 つに含まれる前記 F B A R と直列をなしている
上記 13 記載の送受切換器。

【0093】17. 前記分路素子の 1 つが、前記第 2
の帯域フィルタの前記分路素子の 1 つである上記 16 記
載の送受切換器。

【0094】18. 前記分路素子の 1 つに含まれる前
記 F B A R が、第 1 の F B A R と、前記第 1 の F B A R
と直列をなす第 2 の F B A R と、を備える上記 1 記載の
送受切換器。

【0095】19. さらに、前記帯域フィルタの少な
くとも 1 つにおける前記分路素子の 2 つに対する共通接
地接続と直列をなす補助インダクタをさらに備える上記
1 記載の送受切換器。

【0096】20. 帯域フィルタが、分路素子と、直
列素子と、を備え、前記直列素子及び前記分路素子が、

梯子型回路を形成するように接続され、前記素子のそれぞれが薄膜バルク音波共振器 (FBAR) を含む送受切換器。

【0097】21. 前記FBARが、全体として、2つの異なる共振周波数を備える上記20記載の送受切換器。

【0098】22. 前記FBARが、全体として、3つ以上の異なる共振周波数を備える上記20記載の送受切換器。

【0099】23. 前記FBARが、全て、異なる共振周波数を備える上記20記載の送受切換器。

【0100】24. 前記素子の少なくとも1つが、さらに、それに含まれるFBARと直列をなす補助インダクタを備える上記20記載の送受切換器。

【0101】25. 前記FBARが、それぞれ、共振周波数を備え、前記直列素子に含まれる前記FBARが、全て、同じ共振周波数を備え、前記分路素子に含まれる前記FBARが、全て、前記直列素子に含まれる前記FBARの前記共振周波数とは異なる、同じ共振周波数を備える上記24記載の送受切換器。

【0102】26. 薄膜バルク音波共振器 (FBAR) の少なくとも1つが、他のFBARと共振周波数が異なっている、FBARの集積アレイであって、第2の主表面と向かい合った第1の主表面を含む圧電層と、前記圧電層の前記第1の主表面に配置された第1の電極と、前記圧電層の前記第2の主表面に配置された第2の電極と、を備え、前記第2の電極の1つが前記第1の電極の1つと重なる位置に、前記FBARの1つが形成され、前記他のFBARと共振周波数が異なる前記FBARの1つを形成する前記電極が、前記他のFBARを形成する前記他の電極と重み付き厚さが異なるFBAR集積アレイ。

【0103】27. 前記他のFBARと共振周波数が異なる前記FBARの1つを形成する前記電極が、前記他の電極と物理的厚さが異なる上記26記載の集積アレイ。

【0104】28. 前記FBARが、梯子型回路の直列素子及び分路素子を構成し、前記直列素子を構成する前記FBARの前記電極が、ほぼ同じ重み付き厚さを備え、前記分路素子を構成する前記FBARの前記電極が、前記直列素子を構成する前記FBARの前記電極の前記重み付き厚さとは異なる、ほぼ同じ重み付き厚さを備える上記26記載の集積アレイ。

【0105】

【発明の効果】以上の説明で明らかなように、本発明によれば、1ワットを超える電力レベルによって送受切換器の信頼性又はフィルタ特性の安定性が損なわれない十分に急峻なフィルタ特性を備える送受切換器を提供することができる。また、セラミック・フィルタ又はSAWフィルタをベースにした送受切換器よりかなり小型にで

き、さらに、個別同調を必要としないため製造コストを低くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は、薄膜バルク音波共振器 (FBAR) の断面図であり、(b)は、FBARの等価回路を示す回路図であり、(c)は、FBARのインピーダンス |Z| 係数と周波数との関係を示す特性図である。

【図2】第1の実施形態に係る送受切換器を示す回路図である。

【図3】(a)は、本発明による送受切換器及び帯域フィルタの一部として用いることが可能なFBARアレイを示す平面図であり、(b)は、本発明による送受切換器及び帯域フィルタの一部として用いることが可能なFBARアレイを示す断面図である。

【図4】第2の実施形態に係る送受切換器を示す回路図である。

【図5】第3の実施形態に係る送受切換器を示す回路図である。

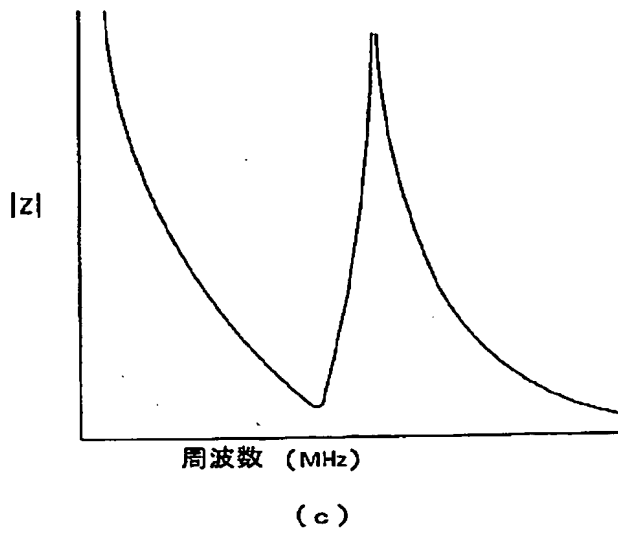
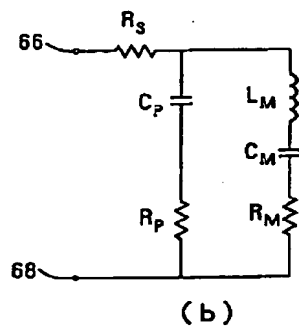
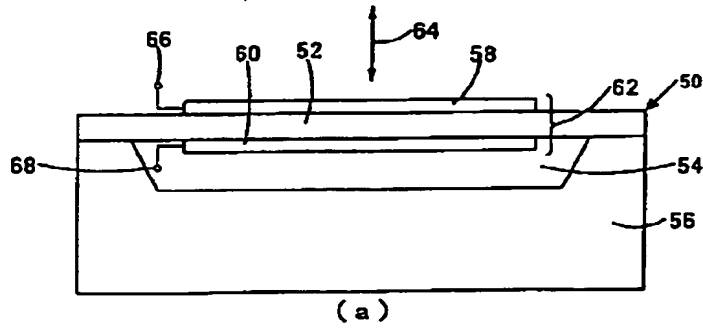
【図6】セルラ電話、PCS装置又は他の送信装置／受信装置に用いられる従来のフロント・エンド回路を示すブロック図である。

【図7】送信帯域及び受信帯域の基本構成を示す、周波数に対する減衰量の実験図である。

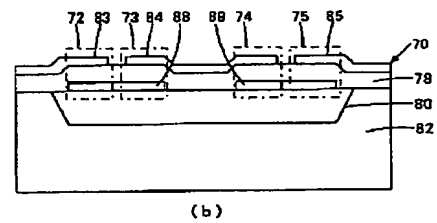
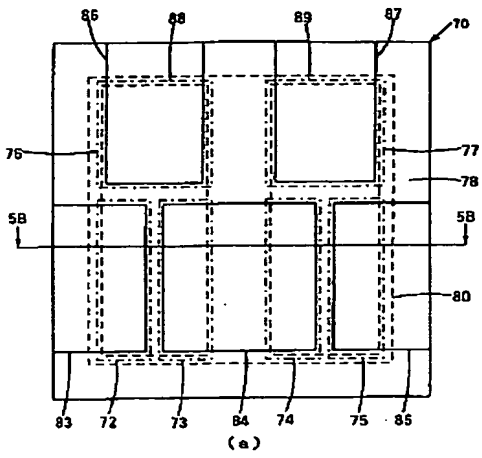
【符号の説明】

52 圧電層
54 ウェル
56 基板
58, 60 電極
66, 68 端子
100 送受切換器
101, 103, 105 直列FBAR
102 送信FBARアレイ
104 受信FBARアレイ
107, 109 分路FBAR
111, 113, 115 直列FBAR
121, 123, 125, 127 分路FBAR
124 送信ポート
126 受信ポート
128 アンテナ・ポート
134 90° 移相器
145 共通接地
200 送受切換器
201, 203, 205 直列FBAR
202 送信FBARアレイ
204 受信FBARアレイ
207, 209 分路FBAR
211, 213, 215 直列FBAR
221, 223, 225, 227 分路FBAR
241, 243 直列補助インダクタ
231, 223, 225, 227 分路補助インダクタ

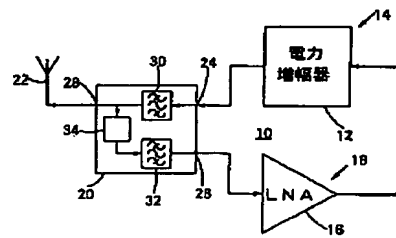
【図1】



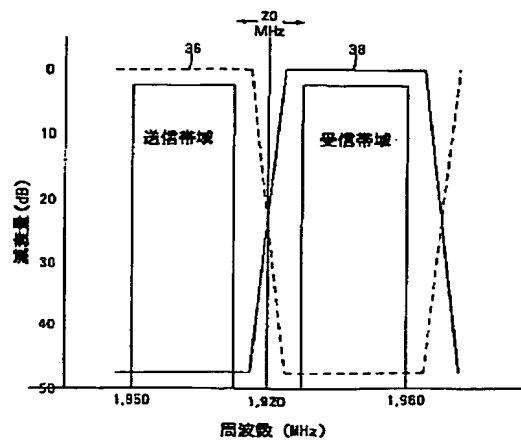
【図3】



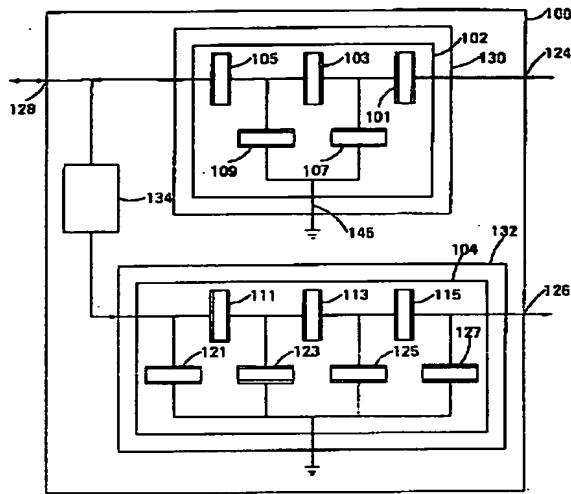
【図6】



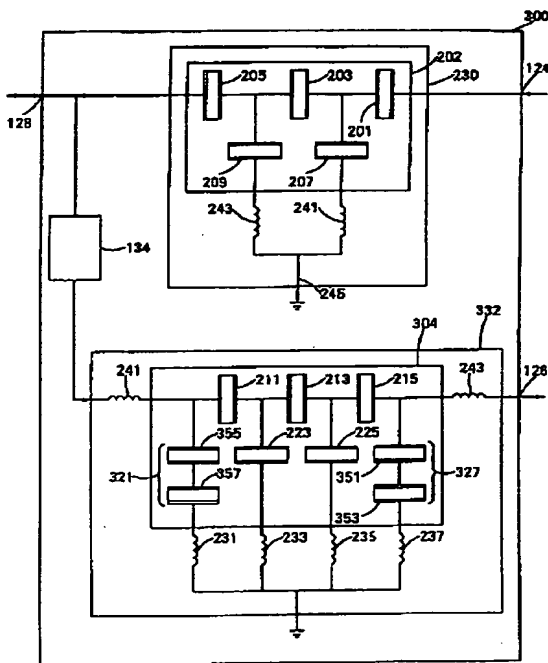
【図7】



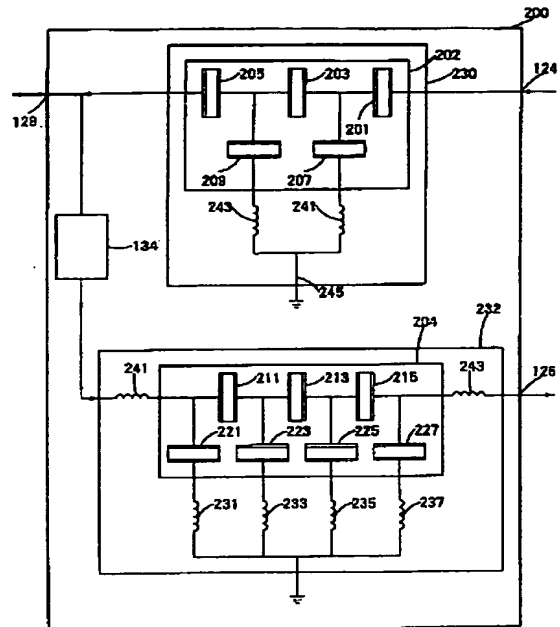
【図2】



【図5】



【図4】



フロントページの続き

(71) 出願人 399117121
395 Page Mill Road P
alo Alto, California
U. S. A.

(72) 発明者 ジョン・ディー・ラーソン・サード
アメリカ合衆国 カリフォルニア州、パ
ロ・アルト (番地なし)

(72) 発明者 リチャード・シー・ルビー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州、メン
ロ・パーク (番地なし)

*** NOTICES ***

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

Bibliography

(19) [Publication country] Japan Patent Office (JP)
(12) [Kind of official gazette] Open patent official report (A)
(11) [Publication No.] JP, 2001-24476, A (P2001-24476A)
(43) [Date of Publication] January 26, Heisei 13 (2001. 1.26)
(54) [Title of the Invention] Duplexer
(51) [The 7th edition of International Patent Classification]
H03H 9/70
9/25
H04B 1/50
[FI]
H03H 9/70
9/25 A
H04B 1/50
[Request for Examination] Un-asking.
[The number of claims] 1
[Mode of Application] OL
[Number of Pages] 14
(21) [Application number] Application for patent 2000-160387 (P2000-160387)
(22) [Filing date] May 30, Heisei 12 (2000. 5.30)
(31) [Application number of the priority] 09/324618
(32) [Priority date] June 2, Heisei 11 (1999. 6.2)
(33) [Country Declaring Priority] U.S. (US)
(71) [Applicant]
[Identification Number] 399117121
[Name] Horse mackerel RENTO Technologies ink
[Name (in original language)] AGILENT TECHNOLOGIES, INC.
[Address] American California Palo Alto The Paige Mill load 395
[The address or an address sale order online processing system notation]
395 Page Mill Road Palo Alto, California U.S.A.

(72) [Inventor(s)]

[Name] Paul Dee Bradley

[Address] United States of America California, Mountain View (with no address)

(72) [Inventor(s)]

[Name] John Dee Larsson Saad

[Address] United States of America California, Palo Alto (with no address)

(72) [Inventor(s)]

[Name] Richard C ruby

[Address] United States of America California, Menlo Park (with no address)

(74) [Attorney]

[Identification Number] 100105647

[Patent Attorney]

[Name] Oguri Shohei (besides four persons)

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

Epitome

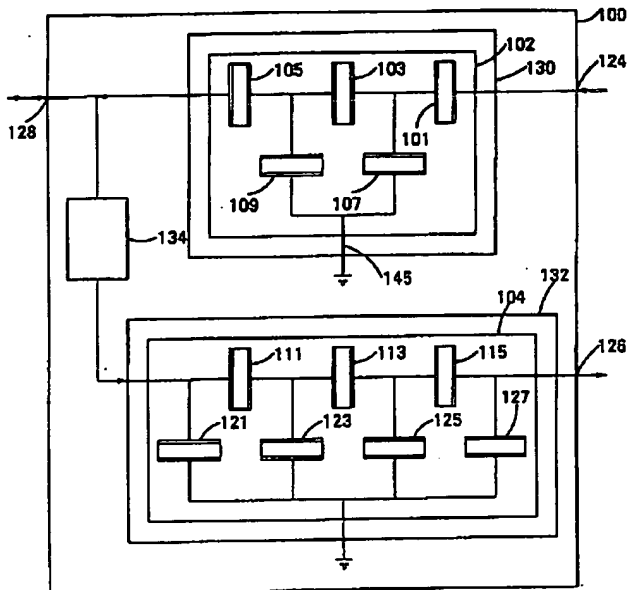
(57) [Abstract]

[Technical problem] It has the filter shape steep enough by which the dependability of a duplexer or the stability of a filter shape is not spoiled by the power level exceeding 1W, and the miniaturized duplexer which does not need individual alignment is offered.

[Means for Solution] This invention offers the duplexer of the FBAR base including the series circuit connected between the 1st band-pass filter and the 2nd port which were connected between the 1st port, the 2nd port, the 3rd port, the 1st port, and the 3rd port, and the 3rd port. The 1st ladder mold circuit equipped with the shunt component and the serial

component is included in the 1st band-pass filter. The thin film bulk acoustic wave resonator is contained in the component of the 1st ladder mold circuit, respectively. In the series circuit, the 2nd band-pass filter and 90-degree phase shifter which makes a serial are contained. The 2nd ladder mold circuit equipped with the shunt component and the serial component is included in the 2nd band-pass filter. FBAR is contained in the component of the 2nd ladder mold circuit, respectively.

[Translation done.]



[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The duplexer characterized by providing the following The 1st port, 2nd port, and 3rd port The 1st band-pass filter with which it connects between said 1st port and said 3rd port, the 1st ladder mold circuit equipped with the shunt component and the serial component is included, and the thin film bulk acoustic wave resonator (FBAR) is contained in each of said component The series circuit which is connected between said 2nd port and said 3rd port, and is equipped with the 2nd band-pass filter and 90-degree phase shifter which makes a serial The 2nd ladder mold circuit where a preparation and said 2nd band-pass filter are equipped with a shunt component and a serial component, and each of said component has a thin film bulk acoustic wave resonator (FBAR)

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the duplexer which is an electronic component, and relates to the duplexer which is the electronic component especially used for a large power radio frequency circuit.

[0002]

[Description of the Prior Art] In many various communication link applications, the common signal path is combined to both the input of a receiver, and the output of a transmitter. For example, in the case of transceivers, such as a cellular phone or a cordless telephone, it is possible to combine an antenna to the input of a receiver and the output of a transmitter. In such a configuration, the input of a common signal

path and a receiver and the output of a transmitter are combined using a duplexer. Required association is enabled, from an antenna, the modulation sending signal generated with the transmitter in coincidence combines with the input of a receiver, and is returned, and a duplexer prevents applying an overload to a receiver.

[0003] The gestalt of the already established duplexer is a half-duplex duplexer. Sir face acoustic wave device FO- published from academic publication of New York about the half-duplex duplexer -- mobile -- P253-272 (SURFACE ACOUSTIC WAVE DEVICES FOR MOBILE AND WIRELESS COMMUNICATION., pp.253-272, Academic Press, New York (1988)) of - and - wireless communication has the description by Mr. C KE Campbell (C. KCampbell). In a half-duplex duplexer, an antenna is connected to a receiver or a transmitter at a time-sharing type using a switch. Although the half-duplex duplexer is equipped with the outstanding joint property and the outstanding damping property, since both sides can talk to coincidence (it is heard), it is the solution technique nonpermissible about a telephone application.

[0004] It is a full duplex duplexer in description according [the duplexer of a gestalt with more high permissible possibility] to Mr. Campbell too about a telephone application. In order to enable use of a full duplex duplexer, a sending signal must be a different frequency from an input signal. There is no switch in a full duplex duplexer, and the band-pass filter which separates a sending signal from an input signal based on the frequency of a signal is incorporated. Drawing 6 is the block diagram showing the conventional front end circuit 10 used for a cellular phone, personal communication system (it is called PCS below Personal Communication System;), or other sending sets/receiving sets. In this case, the output of the power amplifier 12 of a transmitter 14 and the input of the low noise amplifier (it is called LNA below Low-Noise Amplifier;) 16 of a receiver 18 are connected to the duplexer 20 which is a full duplex duplexer.

[0005] A duplexer 20 is 3 port equipment equipped with the transmit port 24, the receive port 26, and the antenna port 28. It connects with a transmit port 24 through a band-pass filter 30, and the antenna port 28 is connected to the receive port 26 through the 90-degree phase shifter 34 and band-pass filter 32 which make a serial configuration. The passband of band-pass filters 30 and 32 is centered on the frequency range of the input signal which can align the frequency range and receiver 18 of a sending signal which are produced with a transmitter 14, respectively. In illustration, the band-pass filter is constituted so that the RF rejection band region of a band-pass filter 30 may lap with

the passband of a band-pass filter 32 and the low-pass frequency rejection band region of a band-pass filter 32 may lap with the passband of a band-pass filter 30.

[0006] The requirements for the band-pass filters 30 and 32 which constitute a duplexer 20 are very severe. A band-pass filter separates the very weak input signal produced from the strong sending signal produced with power amplifier 12 with an antenna 22, and inputs this input signal into the input of a low noise amplifier 16. Generally, the sensibility of a low noise amplifier 16 is [about]. -It is about 100dBm and power amplifier 12 can input the electric energy of about 28dBm into a duplexer. In this case, a duplexer must attenuate only about 50dB of sending signals between the antenna port 28 and a receive port 26 in order to prevent that the residual sending signal mixed with the input signal by the receive port applies an overload to a low noise amplifier.

[0007] One type of the mobile phone which is spreading gradually is PCS (henceforth CDMA PCS) using a code division multiple access (it is called CDMA below Code Division Multiple Access;). It is P501-509 (T. S. Rapport, ed., CELLULAR RADIO & PERSONAL COMMUNICATIONS, VOL. 2, pp. 501-509, IEEE Press, Piscataway, NJ, and (1996) have description.) of cellular radio [of the tea S rapport Mr. work according to IEEE publication of New Jersey and Piscataway about CDMA PCS] -, and the 2nd collection of - personal communication. CDMA PCS equipment operated in about 1900MHz frequency band, and has imposed strict requirements especially to the engine performance of a duplexer. The guard band between the spectrum parts assigned to the sending signal and the input signal is only 20MHz about 1% of carrier frequency. The bandwidth of the spectrum part assigned to the sending signal and the input signal is about 3% of carrier frequency, i.e., 60MHz. It means that this needs to be equipped with roll off with very sharp band-pass filters 30 and 32. Drawing 7 is the property Fig. of the magnitude of attenuation to the frequency which shows the basic configuration of a transmitting band and a receiving band. The property needed for band-pass filters 30 and 32 is shown by the broken line 36 and the line 38, respectively.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] More, a cellular phone and PCS equipment are always manufactured so that it may become low cost more small. Generally, some stack type printed circuit boards are used in order to hold the circuit element of PCS equipment in [all] package size. It not only must miniaturize the component attached in a printed circuit board, but it must satisfy the requirements about strict height.

It is necessary for a component higher than the restricted height to open spacing of a printed circuit board further, and, for this reason, realizable packaging density falls. Moreover, the component whose height is too high needs to open the hole which seats these too expensive components in at least one adjoining printed circuit board, and will bring about both increases of the fall of packaging density, and assembly cost.

[0009] Another problem about a duplexer 20 is the power throughput. The power amplifier 12 of a transmitter 14 can supply the power to 1W to the transmit port 24 of a duplexer 20. If the explained miniaturization is given, band-pass filters 30 and 32 must be able to supply power, without degrading the property, while using it, without being destroyed.

[0010] The ceramic filter is used for the present generation's PCS equipment as a duplexer 20. However, this ceramic filter is bulky with about 28x8x5mm, is a component whose height is too high, and is expensive. The sample of such a filter shows that alignment has been performed according to an individual, and this causes cost of such equipment.

[0011] A surface-acoustic-waves (SAW) filter is used also as a duplexer in a cellular phone and PCS equipment. For example Ore IKEDA in the IEEE international supersonic-wave symposium in Sendai in Japan in 1998, N NISHIHARA, Wai Sato, dirty FUKUSHIMA, and Mr. N HIRISAWA -- ** -- design OBU to depend, and an antenna duplexer you JINGU ladder type and an SAW filter (O.) [Ikata, N.Nishihara, Y.Satoh H.Fukushima, and N.Hirisawa,] [A Design of Antenna Duplexer Using Ladder Type] Please refer to SAW Filters, PROC. 1998 IEEE INTERNATIONAL ULTRASONICS SYMPOSIUM, SENDAI, JAPAN, and paper O-1 (Oct. 1998). In the above-mentioned CDMA application, the roll off of the SAW filter equipped with sufficient power throughput is inadequate steepness (steep). Instead, two SAW filters and electronic switches must be used. The upper half of a transmitting band and a receiving band is covered by one side of a filter, and the lower half of a transmitting band and a receiving band is covered with another filter. The filter which suits with an electronic switch based on the part into which the PCS equipment of a transmitting band and a receiving band is operating is chosen. Therefore, further out of order [duplexer / it is bulky, so that it is nonpermissible, and / the duplexer which used the SAW filter as the base is complicated expensive, and / if a surge arises in transmitter output power].

[0012] This invention is CDMA by which it is made in view of the above-mentioned situation, and the dependability of a duplexer or the long term stability of a filter shape is not spoiled for separation with a

transmitting band and a receiving band by the power level of clock frequency which does not pass to about 1% only, but exceeds 1W. It aims at offering the duplexer which equips enabling use in the application of PCS equipment etc. with a filter shape steep enough. Moreover, another purpose of this invention also makes it the purpose to offer the duplexer which does not need individual alignment so that it may be quite smaller than the present duplexer which used the ceramic filter or the SAW filter as the base and a manufacturing cost can be kept low.

[0013]

[Means for Solving the Problem] This invention offers the duplexer of the FBAR base including the series circuit connected between the 1st band-pass filter and the 2nd port which were connected between the 1st port, the 2nd port, the 3rd port, the 1st port, and the 3rd port, and the 3rd port. The 1st ladder mold circuit equipped with the shunt component and the serial component is included in the 1st band-pass filter. The thin film bulk acoustic wave resonator (it is called FBAR below FilmBulk Acoustic Resonator;) is contained in the component of the 1st ladder mold circuit, respectively. In the series circuit, the 2nd band-pass filter and 90-degree phase shifter which makes a serial are contained. The 2nd ladder mold circuit equipped with the shunt component and the serial component is included in the 2nd band-pass filter. FBAR is contained in the component of the 2nd ladder mold circuit, respectively.

[0014] FBAR contained in at least one component of a band-pass filter can have two different resonance frequency as a whole.

[0015] FBAR contained in at least one component of a band-pass filter can have three or more different resonance frequency as a whole.

[0016] All FBAR(s) contained in at least one component of a band-pass filter can have different resonance frequency.

[0017] The auxiliary inductor which makes further FBAR contained in it and a serial can be included by at least one of the components of a band-pass filter.

[0018] All FBAR(s) contained in at least one serial component of a band-pass filter can have the same resonance frequency, and all FBAR(s) contained in at least one shunt component of a band-pass filter can have the same different resonance frequency from the resonance frequency of FBAR contained in a serial component.

[0019] Shunt capacitance is contained in FBAR which makes an auxiliary inductor and a serial, and the auxiliary inductor equips it with the INDAKU dance which produces shunt capacitance and series resonance in the frequency corresponding to the band upper limit of the 1st band-pass

filter, the band minimum of the 1st band-pass filter, the band upper limit of the 2nd band-pass filter, or the band minimum of the 2nd band-pass filter.

[0020] It is possible for the auxiliary inductance which makes the common-electrical-ground connection to two shunt components and the serial in at least one of the band-pass filters to be further included in a duplexer.

[0021] The 1st FBAR and 2nd FBAR which make a serial can be included by FBAR contained in one of the shunt components.

[0022] According to this invention, including a shunt component and a serial component, a serial component and a shunt component are connected, a ladder mold circuit is formed, and the band-pass filter with which FBAR is contained in each of a component is also obtained.

[0023] Finally, this invention offers the accumulation array of FBAR from which other FBAR(s) and resonance frequency differ [at least one of the FBAR(s)]. The piezo-electric layer including the 1st main front face which faced the 2nd main front face is contained in the accumulation array. The 1st electrode arranged on the 1st main front face of a piezo-electric layer and the 2nd electrode arranged on the 2nd main front face of a piezo-electric layer are further contained in the accumulation array. One of the FBAR(s) is formed in each of the location where one of the 2nd electrode laps with one of the 1st electrode. Other electrodes and thickness with weight (weighted thickness) in which the electrode which forms one of other FBAR(s) and the FBAR(s) from which resonance frequency differs forms other FBAR(s) differ from each other.

[0024]

[Embodiment of the Invention] As for patent reference in recent years, FBAR has a publication. For example, the U.S. Pat. No. 5,587,620 official report (it uses in this specification) transferred to the grantee of this invention has the publication of FBAR. Drawing 1 (a) is the sectional view showing FBAR50.

[0025] FBAR50 is equipped with the piezo-electric (suspend) layer 52 hung in the periphery on the well 54 formed in the substrate 56, and is constituted. Electrodes 58 and 60 are arranged in the opposite front face of the part which laps on the well of a piezoelectric device. Electrical installation is performed to electrodes 58 and 60 through terminals 66 and 68, respectively. The piezo-electric layer 52 and electrodes 58 and 60 form the piezo-electric resonator stack 62. A piezo-electric resonator stack answers in electrical-potential-difference the magnitude and the direction which are impressed to inter-electrode, and is elongated and contracted in the direction displayed by

the arrow head 64.

[0026] The piezo-electric resonator stack 62 constituted by having the piezo-electric layer 52 and electrodes 58 and 60 is hung in the periphery, and as for a piezo-electric resonator stack, both form an acoustic wave resonator with high Q, when the main front face is in contact with air, other perimeter gas, or a vacuum. The AC signal added to electrodes 58 and 60 through terminals 66 and 68 is equipped with the frequency equal to the value which broke the acoustic velocity in a piezo-electric resonator stack by the twice of the thickness with weight of a stack. That is, in the case of $f_r = c/2t_0$ (here, f_r is resonance frequency, c is the acoustic velocity in a stack and t_0 is the thickness with weight of a stack), a piezo-electric resonator stack resonates with the signal. Since the acoustic velocity in the ingredient which constitutes a stack differs in each, the resonance frequency of a piezo-electric resonator stack is not physical thickness, and is decided by thickness with weight.

[0027] When it is the example of FBAR50 which resonance produces in about 1900MHz, a substrate 56 is the wafer of single crystal silicon, the piezo-electric layer 52 is a layer of the aluminum nitride (AlN) whose thickness is about 2 micrometers, and electrodes 58 and 60 are the layers of the molybdenum whose thickness is about 0.1 micrometers. In this thin film, since an electrode constitutes most part of the mass of the piezo-electric resonator stack 62, molybdenum is a desirable ingredient about an electrode. Therefore, the acoustic feature of an electrode material has remarkable effect on Q of a piezo-electric resonator stack. Molybdenum is equipped with the outstanding acoustic feature compared with common electrode materials, such as gold and aluminum, and it enables the quality of the material to have Q with FBAR50 [higher than the electrode of other ingredients] with the electrode of molybdenum. It is indicated by the United States patent application 09th transferred to the grantee of the above-mentioned patent official report and this invention / 088, and the No. 964 official report (it uses in this specification) about the structure of FBAR, and the further detail about manufacture.

[0028] Drawing 1 (b) is the circuit diagram showing the equal circuit of FBAR50. The main reactance component is the shunt capacitance C_p which is capacitance of the capacitor formed of electrodes 58 and 60 and the piezo-electric layer 52. A piezo-electric layer is the dielectric of a shunt capacitor C_p . Resistor R_p expresses the series resistance of the shunt capacitance C_p . An inductance L_M and capacitance C_M express the inductance and capacitance of the piezo-electric resonator stack 62.

Resistor R_M expresses loss of a piezo-electric resonator stack. Resistor R_S expresses the serial electric resistance of connection between terminals 66 and 68 and the piezo-electric resonator stack 62.

[0029] Drawing 1 (c) is the property Fig. showing the relation of the impedance $|Z|$ multiplier and frequency which are measured between a terminal 66 and a terminal 68. An impedance descends gradually for the impedance drop of the shunt capacitance C_p as a frequency increases. Finally an impedance reaches the minimum value by the series resonating frequency between the mechanical inductance L_M and the mechanical capacitance C_M . Then, an impedance rises rapidly and reaches a peak price by the parallel resonating frequency between the mechanical capacitance C_M and the shunt capacitance C_p which were combined with the mechanical inductance L_M and the serial. Since shunt capacitance is about 20 times the mechanical capacitance, the delta frequency of series resonance and parallel resonance is small. When a frequency exceeds a parallel resonating frequency, an impedance shows a steep descent. When mentioning the resonance frequency of FBAR in this indication, as long as there is no special description, it should be interpreted as what made reference about the parallel resonating frequency of FBAR.

[0030] Drawing 2 is the circuit diagram showing the duplexer incorporating the transmitting FBAR array 102 and the receiving FBAR array 104 concerning the 1st operation gestalt of this invention. A duplexer 100 is CDMA. It is 3 port equipment including the transmit port 124 suitable for using for PCS equipment, a receive port 126, and the antenna port 128. A duplexer is equipped with the receiving band-pass filter 132 containing the 90-degree phase shifter 134, the transmitting band-pass filter 130 containing the transmitting FBAR array 102, and the receiving FBAR array 104, and is constituted. The transmit port 124 is connected to the antenna port 128 through the transmitting band-pass filter 130. The antenna port 128 is connected to the receive port 126 through the 90-degree phase shifter 134 and the receiving band-pass filter 132 which make a serial configuration.

[0031] When used for PCS equipment, a cellular phone, or other transmission/receiving sets, in the same circuitry as the circuit shown in drawing 2, the antenna port 128 of a duplexer 100 is connected to an antenna (not shown), a transmit port 124 is connected to the output of a transmitter (not shown), and a receive port 126 is connected to the input of a receiver (not shown). The passband of band-pass filters 130 and 132 is centered on the frequency range of the input signal which can align the frequency range and receiver of a sending signal which are produced with a transmitter, respectively. In the case of the example of

illustration, transmission and the receiving band-pass filters 130 and 132 lap with the passband of the receiving band-pass filter 132 with which the RF rejection band region of the transmitting band-pass filter 130 containing the transmitting FBAR array 102 contains the receiving FBAR array 104, and the low-pass frequency rejection band region of the receiving band-pass filter 132 is constituted so that it may lap with the passband of the transmitting band-pass filter 130.

[0032] Next, the structure of the transmitting band-pass filter 130 is explained. A transmitting band-pass filter is equipped with the transmitting FBAR array 102, and is constituted. The transmitting FBAR array 102 is equipped with the serial FBAR 101, 103, 105 and shunt FBAR 107, 109 which were connected so that a ladder mold circuit might be formed, and is constituted. The serial FBAR is connected to the serial between the transmit port 124 and the antenna port 128, and the shunt FBAR 107 is connected between the ground and the node between a serial FBAR 103 and a serial FBAR 105. Therefore, in the case of the example of illustration, FBAR 101 and 103, 105, 107, 109 forms $2\frac{1}{2}$ step of ladder mold circuit. However, the number of stages in a ladder mold circuit is not important for this invention. In the FBAR array 102, the number of the half-stages which consist of the number of whole pages and one serial FBAR, or one shunt FBAR which consists of one serial FBAR and one shunt FBAR, respectively, respectively is decided by the property of each FBAR which constitutes the filter shape and the transmitting FBAR array 102 of a request of the transmitting band-pass filter 130. For example, a transmitting band-pass filter is a two-step filter without FBAR 105 suitably.

[0033] Next, the structure of the receiving band-pass filter 132 is explained. The receiving band-pass filter 132 is equipped with the receiving FBAR array 104, and is constituted. The receiving FBAR array 104 is equipped with the serial FBAR 111, 113, 115 and shunt FBAR 121, 123, 125, 127 which were connected so that a ladder mold circuit might be formed, and is constituted. The serial FBAR is connected to the serial from the antenna port 128 between the edge of the remote 90-degree phase shifter 134, and the receive port 126. The shunt FBAR 121 is connected between the nodes between the edges of the remote 90-degree phase shifter 134 from the ground, the serial FBAR 111, and the antenna port 128. The shunt FBAR 123 is connected between the ground and the node between FBAR serial FBAR 111 and serial 113, the shunt FBAR 125 is connected between the ground and the node between FBAR serial FBAR 113 and serial 115, and the shunt FBAR 127 is connected between the ground and the node between a serial FBAR 115 and a receive port 126. Therefore,

in the case of the example of illustration, FBAR 111, 113, 115, and 121, 123, 125, 127 forms $3\frac{1}{2}$ step of ladder mold circuit. However, the number of stages in a ladder mold circuit is not important for this invention. The number of whole pages needed and the number of half-stages are decided by the property of each FBAR which constitutes the filter shape and the receiving FBAR array 104 of a request of the receiving band-pass filter 132.

[0034] The circuit suitable for using as a 90-degree phase shifter 134 is common knowledge in the technique concerned. For example, the 90-degree phase shifter 134 can have and constitute a concentration inductor and a capacitor, or $\lambda/4$ transmission lines.

[0035] In order to design the FBAR arrays 102 and 104, respectively so that the filter shape of a request of the transmitting band-pass filter 130 and the receiving band-pass filter 132 may be obtained, an artificer is HP of California and the Westlake village. The microwave design simulator of marketing called the microwave design system (MDS) (Microwave Design System (MDS) and release 7.0 (1996)) currently sold by EEsofCorp. was used. Each FBAR of each FBAR array was modeled using the corrected butterworth-Van Dike circuit (Butterworth-VanDyke circuit) which is shown in drawing 1 (b). this design simulator optimized area, and it was used in order to calculate the resonance frequency for which FBAR of the FBAR array 102, 104 which boils, respectively and can be set is needed. an artificer -- a physical simulator -- using -- every -- every which models the piezo-electric resonator stack (a sign 62 shows to drawing 1 (a)) of FBAR, clarifies the physical characteristic of the layer which constitutes a piezo-electric resonator stack, and realizes resonance frequency needed -- the thickness of the piezo-electric resonance stack layer which constitutes FBAR was calculated. About this simulator, mass CAD 8 (Mathcad 8) currently sold in the mass software ink (Mathsoft, Inc.) of Massachusetts Cambridge has a publication. it was published from academic publication of New York State in 1964 -- "the [physical acoustic pudding SHIPARU- and - method] -- collection [of 1.1A]" () [PHYSICAL ACOUSTICS PRINCIPLES] The model explained by Mr. W Py MASON (W. P. Mason) in AND METHODS, Vol. 1A, pp. 239-247, Academic Press, and New York (1964) is used as the base.

[0036] CDMA Since the filter shape of a request of the transmitting band-pass filter 130 of the duplexer 100 of PCS equipment obtains, the serials 101-FBAR 105 which constitute the transmitting FBAR array 102 can have the same resonance frequency altogether, and both shunt 107 and FBAR 109 can have the same resonance frequency. However, the resonance frequency of a serial FBAR is higher than the resonance frequency of

Shunt FBAR about 3%.

[0037] The filter shape of a different transmitting band-pass filter 130 from the filter shape obtained by the transmitting FBAR array 102 equipped with the same resonance frequency with which all the serials FBAR are equipped with the same resonance frequency, and all the shunts FBAR differ from the resonance frequency of a serial FBAR may be needed depending on an application. In this case, a transmitting FBAR array can have and constitute FBAR which has two or more different resonance frequency as a whole.

[0038] The FBAR array 104 used for the receiving band-pass filter 132 can also have and constitute a shunt FBAR equipped with the same resonance frequency which is altogether different from the serial FBAR altogether equipped with the same resonance frequency with the resonance frequency of a serial FBAR. However, CDMA In the case of the duplexer 100 of PCS equipment, it is necessary for the receiving band-pass filter 132 to attenuate the sending signal in the antenna port 128 to a low to the extent that an overload is not added to the amplifier of the low noise in the high sensitivity of the receiver connected to the receive port by the residual sending signal mixed with the input signal in a receive port 126. Therefore, the requirements for sending-signal **** of the receiving band-pass filter 132 will become quite severer than the requirements for input-signal **** of the transmitting band-pass filter 130. If today's FBAR manufacture technique is used, it is difficult to satisfy the requirements for **** about the embodiment of the receiving FBAR array 104 which a serial FBAR is altogether equipped with the same resonance frequency, and is equipped with the same resonance frequency in which Shunt FBAR differs from the resonance frequency of a serial FBAR altogether.

[0039] It sets to the receiving FBAR array 104, and is CDMA. Although all the shunts FBAR are not equipped with the same resonance frequency since the filter shape of a request of the receiving band-pass filter 132 of PSC equipment is obtained, a serial FBAR can have the same resonance frequency altogether. If it puts in another way, as for FBAR which constitutes a receiving FBAR array, it is desirable to have three or more different resonance frequency as a whole. It is also possible to have the resonance frequency from which all FBAR(s) that constitute a receiving FBAR array depending on the case differ.

[0040] In order to interleave the property of the transmitting band-pass filter 130 and the receiving band-pass filter 132 so that the resonance frequency of a serial FBAR 111, 113, 115 of the receiving FBAR array 104 may be mentioned later in the case of the example of illustration, it is

higher than the resonance frequency of a serial FBAR 101, 103, 105 of the transmitting FBAR array 102 about 80MHz.

[0041] The accumulation FBAR array equipped with the interconnect FBAR of the shoes recently manufactured on a general piezo-electric layer is manufactured. As the transmitting FBAR array 102 and a receiving FBAR array 104, somatization of manufacture of the very small duplexer 100 is attained by using such an accumulation FBAR array. Drawing 3 (a) and drawing 3 (b) are structural drawings showing the FBAR array 70 constituted by having six FBAR(s) 72, 73, 74, 75, 76, and 77 which interconnected so that a ladder mold circuit which is needed for the FBAR arrays 102 and 104 might be formed. The piezo-electric layer 78 is hung in the periphery on the well 80 formed on the silicon substrate 82 like single FBAR50 shown in drawing 1 (a). Electrodes 83, 84, 85, 86, and 87 are arranged from the substrate of a piezo-electric layer front face at the remote part. The electrode 88 and electrode 89 which were shown in drawing 3 (a) with the broken line are arranged at the part which faced the substrate of a piezo-electric layer front face. FBAR is formed in the place with which the electrode on the front face of both sides of a piezo-electric layer laps. For example, FBAR72 is formed in the place with which an electrode 83 and an electrode 88 lap.

[0042] As a suitable alternative to the single well 80 formed in the substrate 82, when every one two or more wells are formed in a substrate at each of FBAR 72-77, FBAR will be hung on each well, respectively. By preparing the well according to individual in each of FBAR, Q of FBAR becomes high and dependability improves.

[0043] Each outline of FBAR 72-77 is shown by the chain line. The profile configuration of FBAR shown in drawing 3 is considerably stylized, in order to simplify a drawing. Actual FBAR has an irregular configuration and is equipped with the un-parallel side face in which die length differs as it is transferred to the grantee of this indication and indicated by the United States patent application/[09th] No. 282,082 official report built into this specification for reference. If it is another appearance because of the un-parallel side face in which die length differs from an irregular configuration, generating of the spurious longitudinal direction resonance which makes the frequency response of FBAR deteriorate will decrease. Furthermore, generally FBAR(s) which constitute the FBAR array 70 differ in area.

[0044] It is possible to obtain square [of the FBAR arrays 102 and 104 of a duplexer 100 / about 0.8] by mm using the accumulation FBAR array manufactured on a silicon substrate with a thickness of 0.14mm,

respectively.

[0045] It is decided by the area and thickness of an electrode of FBAR that the property of individual FBAR which constitutes the FBAR array 102 and the FBAR array 104 will be the thickness list of a piezo-electric layer. For example, in the case of the accumulation FBAR array 70, the property of FBAR72 is decided by thickness of the thickness of the piezo-electric layer 78, the lap area between an electrode 83 and an electrode 88, an electrode 83, and an electrode 88.

[0046] Since FBAR which constitutes the FBAR array 70 is sharing the common piezo-electricity layer 78, each resonance frequency of FBAR in an array is set up by deciding at least one thickness of the electrode of FBAR.

[0047] In the embodiment of the accumulation FBAR array 70 used as an embodiment of the FBAR arrays 102 and 104 in which all the serials FBAR are equipped with the same resonance frequency, all the shunts FBAR are equipped with the same resonance frequency, and the resonance frequency differs from the resonance frequency of a serial FBAR, when at least one electrode manufactures Shunt FBAR so that it may become thicker than the electrode with which Shunt FBAR corresponds, the resonance frequency of Shunt FBAR falls to the resonance frequency of a serial FBAR. All FBAR(s) of the process needed for manufacture of the accumulation FBAR array in which all the serials FBAR equip with the same resonance frequency, all the shunts FBAR equip with the same resonance frequency, and the resonance frequency differs from the resonance frequency of a serial FBAR are merely somewhat more complicated than the process needed for manufacture of an accumulation FBAR array equipped with the same resonance frequency.

[0048] FBAR -- as a whole -- CDMA the operative condition of the receiving FBAR array 104 used for the duplexer of PCS equipment -- the operative condition of the FBAR arrays 102 and 104 equipped with three or more resonance frequency so that like -- the electrode of FBAR is equipped with the thickness from which the number corresponding to the number of different resonance frequency differs in the embodiment of the FBAR array 70 used like. CDMA which an electrode is equipped with three or more different thickness as a whole, and can have the thickness of the number corresponding to the number of FBAR(s) in an array using today's accumulation FBAR array manufacture technique It is difficult to manufacture the embodiment of the accumulation FBAR array used as a receiving FBAR array 104 in the duplexer of PCS equipment. However, since a duplexer 100 consists of only two FBAR arrays 102 and 104 and 90-degree phase shifters 134 when it does in this way and a receiving

FBAR array is manufactured, the size of a duplexer 100 is stopped to the minimum. Drawing 4 is the circuit diagram showing the duplexer concerning the 2nd operation gestalt of this invention. Although this operation gestalt is large a little as compared with the operation gestalt shown in drawing 2 , the receiving FBAR array 204 is easy to manufacture using today's accumulation FBAR array manufacture technique, and its cost is also low. A duplexer 200 is CDMA. Although it has the filter shape made into the thing suitable for the use as a duplexer of PCS equipment, the transmitting FBAR array 202 and the receiving FBAR array 204 are equipped with the shunt FBAR equipped with the same resonance frequency where the serial FBAR equipped with the resonance frequency with the all same [both] and all differ from the resonance frequency of a serial FBAR, and are constituted, respectively. It becomes possible to use the accumulation FBAR whose FBAR is equipped only with two resonance frequency as a whole as each of the FBAR arrays 202 and 204 by this. Such an accumulation FBAR array can be manufactured according to the process which hardly changes complexity compared with the process for manufacturing the FBAR array which all the FBAR(s) equip with the same resonance frequency. The same sign is given to the part which overlaps drawing 2 and drawing 4 , and explanation is omitted.

[0049] A duplexer 200 is 3 port equipment equipped with the transmit port 124, the receive port 126, and the antenna port 128, is equipped with the receiving band-pass filter 232 containing the 90-degree phase shifter 134, the transmitting band-pass filter 230 which has the transmitting FBAR array 202, and the receiving FBAR array 204, and is constituted. The transmit port 124 is connected to the antenna port 128 through the transmitting band-pass filter. The antenna port 128 is connected to the receive port 126 through 90-degree phase shifter and the receiving band-pass filter which make a serial configuration.

[0050] When used for PCS equipment, a cellular phone, or other transmission/receiving sets, in the same circuitry as what is shown in drawing 2 , the antenna port 128 of a duplexer 200 is connected to an antenna (not shown), a transmit port 124 is connected to the output of a transmitter (not shown), and a receive port 126 is connected to the input of a receiver (not shown). The passband of band-pass filters 230 and 232 is centered on the frequency range of the input signal which can align the frequency range and receiver of a sending signal which are produced with a transmitter, respectively. In the case of the example of illustration, the RF rejection band region of the transmitting band-pass filter 230 laps with the passband of the receiving band-pass filter 232, and band-pass filters 230 and 232 are constituted so that the low

frequency rejection band region of a receiving band-pass filter may lap with the passband of a transmitting band-pass filter.

[0051] Next, the receiving band-pass filter 232 is explained. A receiving band-pass filter is equipped with the receiving FBAR array 204, the serial auxiliary inductor 241, 243, and the shunt auxiliary inductor 231, 233, 235, 237, and is constituted. A receiving FBAR array is equipped with the serial FBAR 211, 213, 215 and shunt FBAR 221, 223, 225, 227 which were connected so that a ladder mold circuit might be formed, and is constituted. The serial auxiliary inductor 241, the serial FBAR 211, 213, 215, and the serial auxiliary inductor 243 are connected to the serial from the antenna port 128 between the edge of the remote 90-degree phase shifter 134, and the receive port 126. The shunt FBAR 221 and the shunt auxiliary inductor 231 are connected to the serial between the nodes between a ground, the serial auxiliary inductor 141, and FBAR serial 211. The shunt FBAR 223 and the shunt auxiliary inductor 233 are connected to the serial between the ground and the node between a serial FBAR 211 and 213. The shunt FBAR 225 and the shunt auxiliary inductor 235 are connected to the serial between the ground and the node between a serial FBAR 213 and 215. The shunt FBAR 227 and the shunt auxiliary inductor 237 are connected to the serial between the ground and the node between serial FBAR 215 and the serial auxiliary inductors 243. Therefore, in the case of drawing 4, FBAR and an auxiliary inductor are connected so that a $3\frac{1}{2}$ -step ladder mold circuit may be made. However, the number of stages of a ladder mold circuit is not important for this invention. The number of whole pages needed and the number of half-stages are decided by the filter shape of a request of the receiving band-pass filter 232, the property of individual FBAR which constitutes the receiving FBAR array 204, and the property of an auxiliary inductor.

[0052] In the case of the FBAR array 204, the serial FBAR 211, 213, 215 was altogether equipped with the same resonance frequency, and the shunt FBAR 221, 223, 225, 227 is altogether equipped with the same resonance frequency. In the case of drawing 4, the resonance frequency of a serial FBAR is higher than the resonance frequency of Shunt FBAR about 3%. When the accumulation FBAR array 70 shown in drawing 3 (a) and drawing 3 (b) and the same accumulation FBAR array are used as FBAR 204, the difference of resonance frequency is acquired by the additional step on which only the electrode of Shunt FBAR is made to deposit an additional metal, in order to make those mass increase.

[0053] As the FBAR array 204 shows, it does not connect with a common terminal collectively, but the electrode of a shunt FBAR 221, 223, 225, 227

which is not connected to one of the serials FBAR 211, 213, 215 is connected to the independent terminal. The independent terminal enables it to connect the shunt auxiliary inductor 231, 233, 235, 237 to a shunt FBAR 221, 223, 225, 227 and a serial, respectively.

[0054] An auxiliary inductor becomes a serial to both the mechanical inductance L_M of FBAR, and the shunt capacitance C_p by connecting an auxiliary inductor to one of the terminals of FBAR at a serial so that by inspecting the Butterworth-Van Dyke equal circuit which is shown in drawing 1 (b) and where FBAR was corrected may show. There are two main effectiveness, i.e., the effectiveness of reducing the series resonating frequency of FBAR slightly, and effectiveness of producing additional series resonance in each auxiliary inductance. An auxiliary inductance does only very slight effect to the parallel resonating frequency of FBAR.

[0055] Using the auxiliary inductor 231, 233, 235, 237, if it is made to fall an amount every, the receiving band-pass filter equipped with the frequency characteristics of an ideal will be obtained in spite of the constraint that all serials FBAR in the FBAR array 204 that are different in the series resonating frequency of FBAR 221, 223, 225, 227 which constitutes the receiving band-pass filter 232 are equipped with the same resonance frequency, and all the shunts FBAR in a FBAR array are equipped with the same resonance frequency.

[0056] Additional series resonance is produced between an auxiliary inductance and the shunt capacitance C_p . Zero are added to the frequency response of a receiving band-pass filter by each additional series resonance (additional null). The value of an auxiliary inductance is the high-frequency edge of the low frequency edge of transmitting band planned so that additional resonance frequency may be set up and zero may be added to one of the following frequency domains, the crossover field of a transmitting band and a receiving band, and a receiving band. By adding zero to the frequency response of a receiving band-pass filter, it becomes possible to produce the attenuation to which an actual embodiment exceeds 50dB partially in the transmit-frequencies range. This magnitude of attenuation was not realized until now using the band-pass filter equipped with size equivalent to the band-pass filter by this invention.

[0057] The above-mentioned modeling tool models a duplexer 200, and in spite of equipping only with two different resonance frequency FBAR which constitutes the FBAR array 204, it is used in order to determine the value of the auxiliary inductors 231, 233, and 235, 237, 241, 243 which offer the filter shape of the request as the receiving band-pass filter

232. In the case of drawing 4 , the inductance of an auxiliary inductor is within the limits of 2-5nH. This is small compared with the mechanical inductance LM of FBAR which are about 80 nH(s). Therefore, even if it uses the inductor in which quality is comparatively inferior as an auxiliary inductor, Q of the series resonance of FBAR does not deteriorate sharply.

[0058] Suitably, each inductance of each shunt auxiliary inductor 231, 233, 235, 237 was obtained by combining with a serial the inductance of conductive trace of the printed circuit board attached so that the inductance of each bonding wire of the package of the FBAR array 204, the inductance of an individual chip inductor, the FBAR array 202, and the FBAR array 204 might form a duplexer 200. Conductive trace was trace which connects the pin of a package to an individual inductor and connects an individual inductor to a ground. Furthermore, the inductance about the bonding wire of the package of the FBAR array 204 was obtained in a part of serial auxiliary inductances [at least] 241 and 243.

[0059] As mentioned above, in order that the resonance frequency of a serial FBAR 211, 213, 215 of the receiving FBAR array 204 may interleave the property of the above-mentioned transmitting band-pass filter 130 and the receiving band-pass filter 132 in the case of drawing 4 , it is higher than the resonance frequency of a serial FBAR 101, 103, 105 of the transmitting FBAR array 102 about 80MHz.

[0060] In no applications, all the auxiliary inductors 231, 233, and 235, 237, 241, 243 need to be contained in the receiving band-pass filter 232. In the case of such an application, at least one of the shunts FBAR is able to obtain a permissible filter shape by the configuration connected to a direct ground like the 1st operation gestalt shown in drawing 2 .

[0061] Next, the transmitting band-pass filter 230 is explained. If FBAR equipped with Q of sufficient height to fill the filter shape of a request of a transmitting band-pass filter is available, it will become possible to use the band-pass filter same as a transmitting band-pass filter 230 as the transmitting band-pass filter 130 shown in drawing 2 . When FBAR equipped with Q of sufficient height cannot be used, or when whenever [larger safety allowance] is needed about the filter shape of a transmitting band-pass filter, it is possible to use the configuration which contains a shunt auxiliary inductor as shown in drawing 4 as a transmitting band-pass filter. A transmitting FBAR array is equipped with the serial FBAR 201, 203, 205 and shunt FBAR 207, 209 which were connected so that a ladder mold circuit might be formed, and is constituted. A serial FBAR 201, 203, 205 is connected to a serial between

a transmit port 124 and the antenna port 128. A shunt FBAR207 and the shunt auxiliary inductor 241 are connected to a serial between a ground and the node between a serial FBAR 201 and 203. A shunt FBAR209 and the shunt auxiliary inductor 243 are connected to a serial between a ground and the node between a serial FBAR 203 and 205. Therefore, in the case of drawing 4 , a 2 1/2-step ladder mold circuit is obtained by connecting FBAR and an auxiliary inductor.

[0062] The number of stages in the ladder mold circuit of the transmitting band-pass filter 230 is not important for this invention. The number of whole pages needed and the number of half-stages are decided by the filter shape of a request of a transmitting band-pass filter, the property of each FBAR which constitutes the receiving FBAR array 202, and the property of an auxiliary inductor. Suitably, a transmitting filter is equipped with a two-step ladder mold circuit without a serial FBAR 205, and is constituted.

[0063] Since the effect of the auxiliary inductor to the filter shape of the transmitting band-pass filter 230 is equivalent to the effect of the above of the auxiliary inductor to the filter shape of a transmitting array, detailed explanation is given to cut down.

[0064] As an alternative of the series connection of an auxiliary inductor and each of the shunt 207 and FBAR 209 of the transmitting band-pass filter 230, it is also possible to make the common ground path 245 of a single auxiliary inductance and a shunt 107 and FBAR 109 into a serial. By connecting the explained single auxiliary inductance, **** of a component higher than the band of a transmitting band-pass filter improves, and **** of a component lower than a band deteriorates. If the shunt FBAR of an auxiliary inductor and both is connected to a serial as shown in drawing 4 , **** of both of a component higher than a band and a component lower than a band will improve.

[0065] In the embodiment of the prototype of the duplexer 200 shown in drawing 4 , the insertion loss between a transmit port 124 and the antenna port 128 was less than 3dB over most transmitting bands. The separation from a transmit port 124 to a receive port 126 exceeded 50dB over most transmitting bands, and exceeded 46dB over the receiving band.

[0066] The band-pass filters 230 and 232 which constitute a duplexer 200 are consistently equipped with the power throughput of 2W C.W. over the transmitting band.

[0067] The duplexer which used FBAR of the prototype by this invention as the base A Miniaturized Dielectric Monoblock Duplexer for 1.9 GHz Band PCS Tlephone System, 96 IEICE, and no.349 (CPMG 960103) -- In pp 55-60 (1996) By Mr. tea Okada, Mr. tea TSUJIGUCHI, and Mr. dirty

Matsumoto (T. Okada, T. Tsujiguchi, and H. Matsumoto) Explained CDMA PCS It agrees in many of specifications of the duplexer by the 1900MHz ceramic resonator, or it is exceeded. The package dimension of the duplexer which used FBAR of a prototype as the base is abbreviation 8mmx5mmx2mm, therefore the volume of the duplexer which used FBAR of a prototype as the base becomes the abbreviation 1/14 of the above-mentioned ceramic duplexer. The duplexer of a ceramic duplexer which used FBAR as the base since about 1/was set to 3 is the point that the height of the duplexer with which the more important thing used FBAR of a prototype as the base is not a component with the highest height in a printed circuit board any longer. This is advantageous in the application of a thin shape factor like the handset of PCS equipment, a cellular phone, or a cordless telephone.

[0068] Although the SAW duplexer is equipped with the almost same size as the duplexer which used FBAR of the prototype by this invention as the base, with a SAW technique, a power throughput required to satisfy the requirements for roll off of the 20MHz guard band of CDMA PCS and high Q are not realized yet. Therefore, in order to acquire a required property as mentioned above, two or more SAW filters must be used. For this reason, the volume of a duplexer cannot but increase in proportion to it.

[0069] The characteristic impedance of a duplexer is decided by area of FBAR which constitutes each FBAR array with the duplexer of the FBAR base by this invention. The characteristic impedance of a duplexer must be adjusted with the characteristic impedance of an antenna. Generally the characteristic impedance of an antenna is 50ohms. By designing the receiving FBAR array 204 according to the characteristic impedance of 50 ohms, the size of the shunt FBAR227 which adjoined the receive port 126 becomes quite smaller than a shunt 223 and FBAR 225, and the size of the shunt FBAR221 contiguous to 90-degree phase machine 134 becomes smaller than shunts 223 and 225. When the size becomes small, as for a shunt FBAR227, Q becomes quite lower than the remaining FBAR. A fall of Q of FBAR227 degrades the filter shape of the receiving band-pass filter 232.

[0070] Drawing 5 is the circuit diagram showing the duplexer 300 concerning the 3rd operation gestalt of this invention. In the case of this operation gestalt, the receiving band-pass filter 332 is equipped with the characteristic impedance of 50 ohms, but size and Q are equipped with a component equivalent to a shunt 233 and FBAR 235, and the shunt FBAR337 of the receiving FBAR array 304 is constituted. The component of the duplexer 300 shown in drawing 5 corresponding to the component of the duplexer shown in drawing 3 and drawing 4 is displayed

using the same reference number, and omits explanation for the second time here.

[0071] In the case of the duplexer 300, a shunt impedance is kept almost the same as FBAR227, and Q improves using the serial configuration of two FBAR(s) 351 and 353 equipped with FBAR twice [about] the area of single. Therefore, in FBAR 351 and 353, area is twice FBAR 223 and 225, and Q becomes higher. The duplexer 300 equipped with the characteristic impedance of 50 ohms which is the 3rd operation gestalt as a result is equipped with the filter shape superior to the duplexer 200 equipped with the characteristic impedance of 50 ohms which is the 2nd operation gestalt. Moreover, the serial configuration of FBAR 351 and 353 bears 4 times as much power as single FBAR227.

[0072] As for the further improvement of the filter shape of a duplexer 300, it is desirable to attain by using not the single small area FBAR but two FBAR(s) 355 and 357 which make a serial configuration as FBAR321.

[0073] Although FBAR 351 and 353 and FBAR 355 and 357 which were connected to the serial have an equal area as mentioned above, this is not important for this invention. When a required impedance is obtained by FBAR connected to the serial, FBAR 351 and 353 can be made a different area. However, the highest Q is obtained when the area of FBAR is equal. Furthermore, it is possible to raise Q further by using three FBAR(s) equipped with FBAR about 3 times the area of single replaced by three FBAR(s) connected to the serial, respectively connected to the serial.

[0074] Although this invention has been explained about the operation gestalt carried out by the accumulation FBAR array to which the resonance frequency of individual FBAR or a FBAR group is set when a FBAR array determines the physical thickness of one side of the electrode of FBAR, or both, this is not important for this invention. As mentioned above, the resonance frequency of FBAR is decided by thickness with weight of the piezo-electric resonator stack. Since acoustic velocity changes with ingredients with which stacks differ, respectively, the thickness with weight of a piezo-electric resonator stack differs from the physical thickness of a stack. It is possible to assign the thickness with weight of a piezo-electric resonator stack and the thickness with weight of the same concept to the electrode of FBAR. In order to take the acoustic velocity in an electrode material into consideration, the thickness with weight of an electrode differs from the physical thickness of an electrode. Modification of the thickness with weight of one side of the electrode of FBAR or both changes the thickness with weight of the piezo-electric resonator stack of FBAR,

therefore the resonance frequency of FBAR. As mentioned above, it is possible to change the thickness with weight of an electrode by changing the physical thickness of an electrode, changing an electrode material into the ingredient with which acoustic velocity differs, or changing both the thickness of an electrode, and an electrode material. All FBAR(s) of the accumulation FBAR array 70 which follows, for example, constitutes the shunt FBAR of the FBAR array 202 can have the same thickness, and all the electrodes of FBAR of the accumulation FBAR array 70 which constitutes the shunt FBAR of the FBAR array 202 are the thickness exceeding the thickness of a serial FBAR, and can have the same thickness. It is possible to obtain the same result by manufacturing the electrode of FBAR of the accumulation FBAR70 which constitutes as an alternative the electrode of FBAR of the accumulation FBAR70 which constitutes the serial FBAR of the FBAR array 202, and the shunt FBAR of the FBAR array 202 from the electrode material with which the same thickness differs. The acoustic velocity in the electrode material of the electrode of a serial FBAR will become lower than the acoustic velocity in the electrode material of the electrode of Shunt FBAR.

[0075] Although the operation gestalt used as the illustration of this invention was clarified by this indication, this invention can perform various corrections within the limits of this invention which is not restricted to the indicated operation gestalt and was defined in the attached claim.

[0076] Below, the gestalt of operation of this invention is summarized.

[0077] 1. It Connects between 1st Port, 2nd Port and 3rd Port, and Said 1st Port and Said 3rd Port. The 1st band-pass filter with which the 1st ladder mold circuit equipped with the shunt component and the serial component is included, and the thin film bulk acoustic wave resonator (FBAR) is contained in each of said component, It connects between said 2nd port and said 3rd port, and has the 2nd band-pass filter and a series circuit equipped with 90-degree phase shifter which makes a serial. Said 2nd band-pass filter The duplexer which is equipped with a shunt component and a serial component, and is equipped with the 2nd ladder mold circuit where each of said component has a thin film bulk acoustic wave resonator (FBAR).

[0078] 2. Duplexer of one above-mentioned publication equipped with the same resonance frequency with which said FBAR is equipped with resonance frequency, respectively, said all FBAR(s) contained in said serial component of said 1st band-pass filter are equipped with the same resonance frequency, and said all FBAR(s) contained in said shunt

component of said 1st band-pass filter differ from said resonance frequency of said FBAR contained in said serial component.

[0079] 3. Duplexer of two above-mentioned publication with which said FBAR contained in said component of said 2nd band-pass filter is equipped with two different resonance frequency as a whole.

[0080] 4. Duplexer of two above-mentioned publication with which said FBAR contained in said component of said 2nd band-pass filter is equipped with three or more different resonance frequency as a whole.

[0081] 5. Duplexer of two above-mentioned publication with which said all FBAR(s) contained in said component of said 2nd band-pass filter are equipped with different resonance frequency.

[0082] 6. Duplexer of two above-mentioned publication with which auxiliary inductor which makes FBAR and serial further is contained in at least one of said the components of said band-pass filter.

[0083] 7. Duplexer of six above-mentioned publication equipped with the same resonance frequency with which said all FBAR(s) contained in said serial component of said 2nd band-pass filter are equipped with the same resonance frequency, and said all FBAR(s) contained in said shunt component of said 2nd band-pass filter differ from said resonance frequency of said FBAR contained in said serial component of said 2nd band-pass filter.

[0084] Said the 1st Band-pass Filter and Said 2nd Band-pass Filter 8. , Respectively It has the band upper limit and the band minimum. Either said band upper limit of said 1st band-pass filter or said band minimum It laps with another side of said band upper limit of said 2nd band-pass filter, and said band minimum. Said FBAR is equipped with shunt capacitance and said auxiliary inductor on the frequency corresponding to one of said band upper limit of said 2nd band-pass filter, and the band minimums in said the 1st said band upper limit and said band minimum list of a band-pass filter The duplexer of six above-mentioned publication equipped with said shunt capacitance and the inductance which produces series resonance.

[0085] 9. Duplexer of two above-mentioned publication with which said FBAR contained in one of said the shunt components is equipped with the 1st FBAR, and said 1st FBAR and the 2nd FBAR which makes serial.

[0086] 10. The duplexer of one above-mentioned publication with which said FBAR is equipped with resonance frequency, respectively, and said FBAR contained in said at least one component of said band-pass filter is equipped with two different resonance frequency as a whole.

[0087] 11. The duplexer of one above-mentioned publication with which said FBAR is equipped with resonance frequency, respectively, and said

FBAR contained in said at least one component of said band-pass filter is equipped with three or more different resonance frequency as a whole.

[0088] 12. The duplexer of one above-mentioned publication with which said FBAR is equipped with resonance frequency, and is equipped with the resonance frequency from which said all FBAR(s) contained in said at least one component of said band-pass filter differ, respectively.

[0089] 13. The auxiliary inductor which makes said FBAR further contained in at least one of said the components of said band-pass filter at it and a serial is the duplexer of ***** above-mentioned 1 publication.

[0090] 14. The duplexer of 13 above-mentioned publication equipped with the same resonance frequency with which said all FBAR(s) contained in said serial component of said 2nd band-pass filter are equipped with the same resonance frequency, and said all FBAR(s) contained in said shunt component of said 2nd band-pass filter differ from said resonance frequency of said FBAR contained in said serial component of said 2nd band-pass filter.

[0091] 15. Said the 1st Band-pass Filter and Said 2nd Band-pass Filter It has the band upper limit and the band minimum, respectively. Either said band upper limit of said 1st band-pass filter or said band minimum It laps with another side of said band upper limit of said 2nd band-pass filter, and said band minimum. Said FBAR is equipped with shunt capacitance and said auxiliary inductor on the frequency corresponding to one of said band upper limit of said 2nd band-pass filter, and the band minimums in said the 1st said band upper limit and said band minimum list of a band-pass filter The duplexer of 13 above-mentioned publication equipped with said shunt capacitance and the inductance which produces series resonance.

[0092] 16. The duplexer of 13 above-mentioned publication with which said auxiliary inductor is making said FBAR contained in one of said the shunt components, and a serial.

[0093] 17. The duplexer of 16 above-mentioned publication whose one of said the shunt components is one of said the shunt components of said 2nd band-pass filter.

[0094] 18. The duplexer of one above-mentioned publication with which said FBAR contained in one of said the shunt components is equipped with the 1st FBAR, and said 1st FBAR and the 2nd FBAR which makes a serial.

[0095] 19. The duplexer of one above-mentioned publication furthermore further equipped with the auxiliary inductor which makes the common-electrical-ground connection to two and the serial of said shunt component in at least one of said the band-pass filters.

[0096] 20. The duplexer with which a band-pass filter is equipped with a shunt component and a serial component, said serial component and said shunt component are connected so that a ladder mold circuit may be formed, and each of said component contains a thin film bulk acoustic wave resonator (FBAR).

[0097] 21. The duplexer of 20 above-mentioned publication with which said FBAR is equipped with two different resonance frequency as a whole.

[0098] 22. The duplexer of 20 above-mentioned publication with which said FBAR is equipped with three or more different resonance frequency as a whole.

[0099] 23. The duplexer of 20 above-mentioned publication with which said all FBAR(s) are equipped with different resonance frequency.

[0100] 24. The duplexer of 20 above-mentioned publication with which at least one of said the components is further equipped with the auxiliary inductor which makes FBAR contained in it, and a serial.

[0101] 25. The duplexer of 24 above-mentioned publication with which said FBAR is equipped with the same resonance frequency which is equipped with resonance frequency, and said all FBAR(s) contained in said serial component are equipped with the same resonance frequency, and is different from said resonance frequency of said FBAR by which said all FBAR(s) contained in said shunt component are contained in said serial component, respectively.

[0102] 26. Piezo-electric Layer in which at Least One of the Thin Film Bulk Acoustic Wave Resonators (FBAR) is Accumulation Array of Other FBAR(s) and FBAR from which Resonance Frequency Differs, and it Includes the 1st Main Front Face Which Faced the 2nd Main Front Face, The 1st electrode arranged on said 1st main front face of said piezo-electric layer, and the 2nd electrode arranged on said 2nd main front face of said piezo-electric layer, In the location where one of a preparation and said the 2nd electrode laps with one of said the 1st electrode one of said the FBAR(s) forms -- having -- said -- others -- said electrode which forms one of FBAR and said the FBAR(s) from which resonance frequency differs -- said -- others -- FBAR is formed -- said -- others -- the FBAR accumulation array from which an electrode and thickness with weight differ.

[0103] 27. said -- others -- said electrode which forms one of FBAR and said the FBAR(s) from which resonance frequency differs -- said -- others -- the accumulation array of 26 above-mentioned publication from which an electrode and physical thickness differ.

[0104] 28. The accumulation array of 26 above-mentioned publication equipped with the almost same thickness with weight in which said

electrode of said FBAR from which said FBAR constitutes the serial component and shunt component of a ladder mold circuit, and constitutes said serial component equips with the almost same thickness with weight, and said electrode of said FBAR which constitutes said shunt component differs from said thickness with weight of said electrode of said FBAR which constitutes said serial component.

[0105]

[Effect of the Invention] By the above explanation, according to this invention, a duplexer equipped with the filter shape steep enough by which the dependability of a duplexer or the stability of a filter shape is not spoiled by the power level exceeding 1W can be offered so that clearly. Moreover, it can do quite smaller than the duplexer which used the ceramic filter or the SAW filter as the base, and further, since individual alignment is not needed, a manufacturing cost can be made low.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] (a) is the sectional view of a thin film bulk acoustic wave resonator (FBAR), (b) is the circuit diagram showing the equal circuit of FBAR, and (c) is the property Fig. showing the relation between the impedance $|Z|$ multiplier of FBAR, and a frequency.

[Drawing 2] It is the circuit diagram showing the duplexer concerning the 1st operation gestalt.

[Drawing 3] (a) is the top view showing the FBAR array which can be used as some of duplexers by this invention, and band-pass filters, and (b) is the sectional view showing the FBAR array which can be used as some of duplexers by this invention, and band-pass filters.

[Drawing 4] It is the circuit diagram showing the duplexer concerning

the 2nd operation gestalt.

[Drawing 5] It is the circuit diagram showing the duplexer concerning the 3rd operation gestalt.

[Drawing 6] It is the block diagram showing the conventional front end circuit used for a cellular phone, PCS equipment, or other sending sets/receiving sets.

[Drawing 7] It is the property Fig. of the magnitude of attenuation to a frequency showing the basic configuration of a transmitting band and a receiving band.

[Description of Notations]

52 Piezo-electric Layer

54 Well

56 Substrate

58 60 Electrode

66 68 Terminal

100 Duplexer

101, 103, 105 Serial FBAR

102 Transmitting FBAR Array

104 Receiving FBAR Array

107, 109 Shunt FBAR

111, 113, 115 Serial FBAR

121, 123, 125, 127 Shunt FBAR

124 Transmit Port

126 Receive Port

128 Antenna Port

134 90° Phase Shifter

145 Common Electrical Ground

200 Duplexer

201, 203, 205 Serial FBAR

202 Transmitting FBAR Array

204 Receiving FBAR Array

207, 209 Shunt FBAR

211, 213, 215 Serial FBAR

221, 223, 225, 227 Shunt FBAR

241, 243 Serial auxiliary inductor

231, 223, 225, 227 Shunt auxiliary inductor

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any
damages caused by the use of this translation.

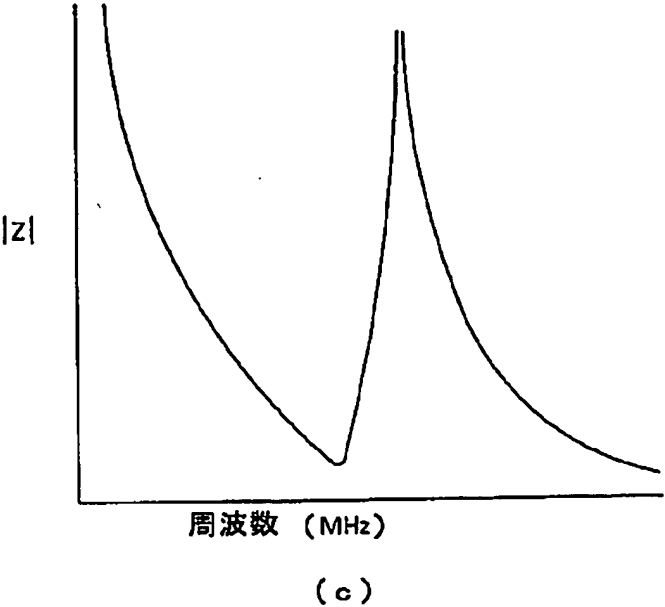
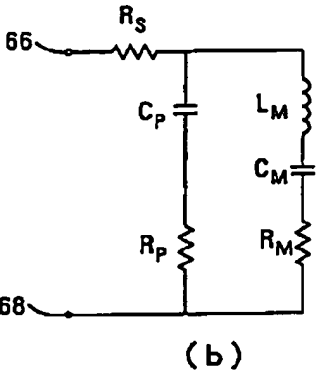
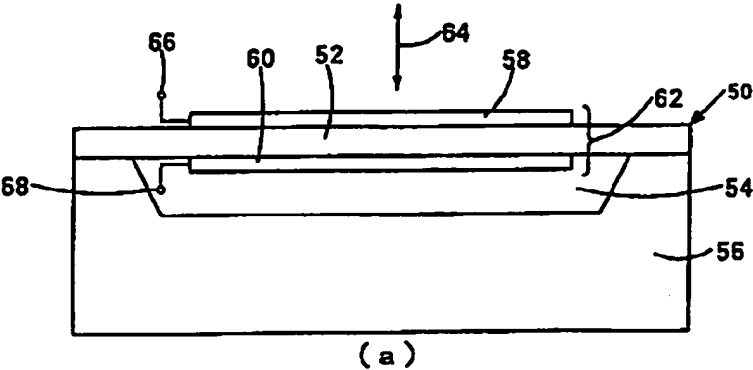
1. This document has been translated by computer. So the translation may
not reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

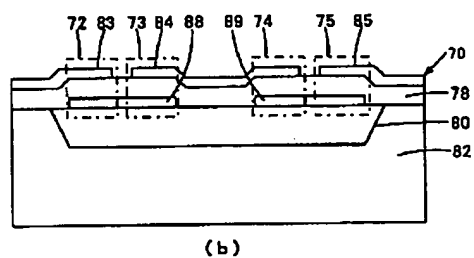
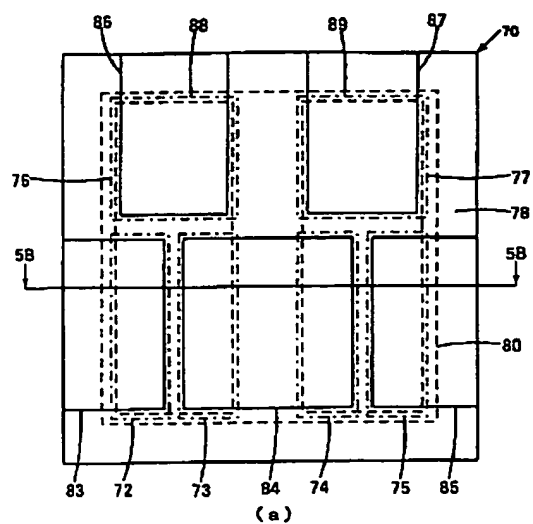
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

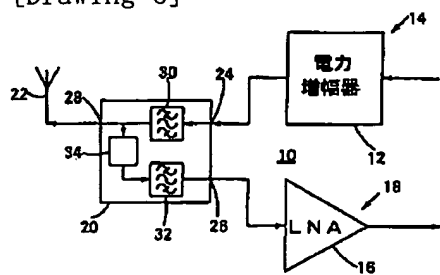
[Drawing 1]



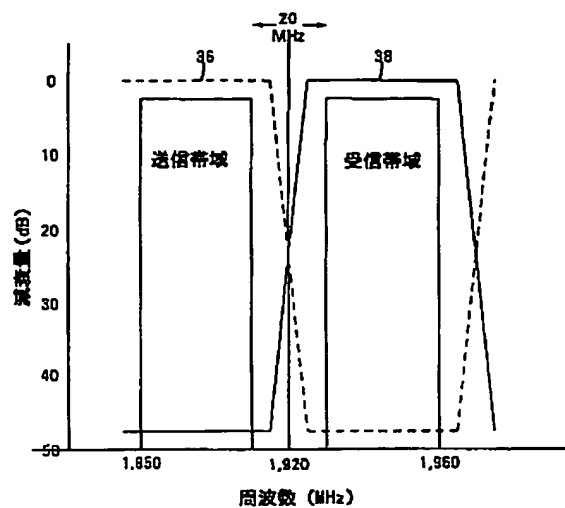
[Drawing 3]



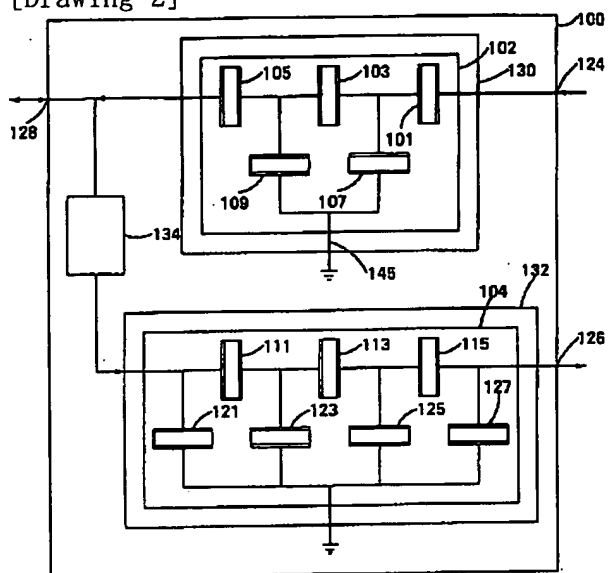
[Drawing 6]



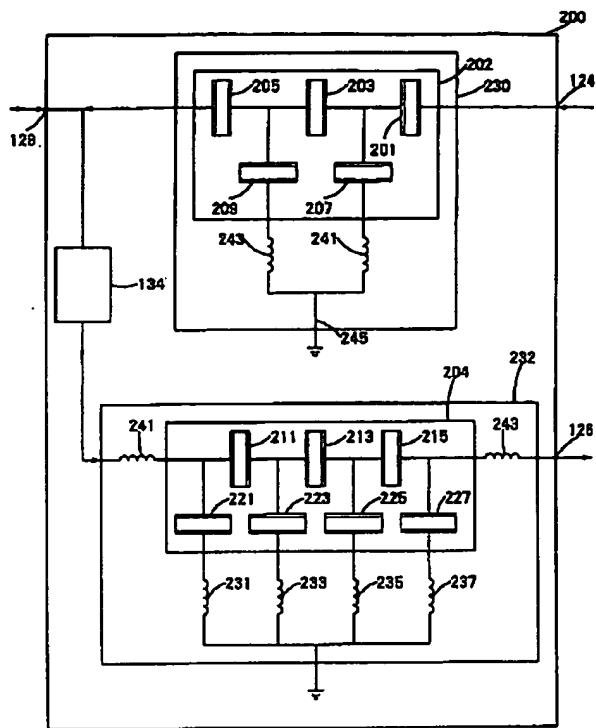
[Drawing 7]



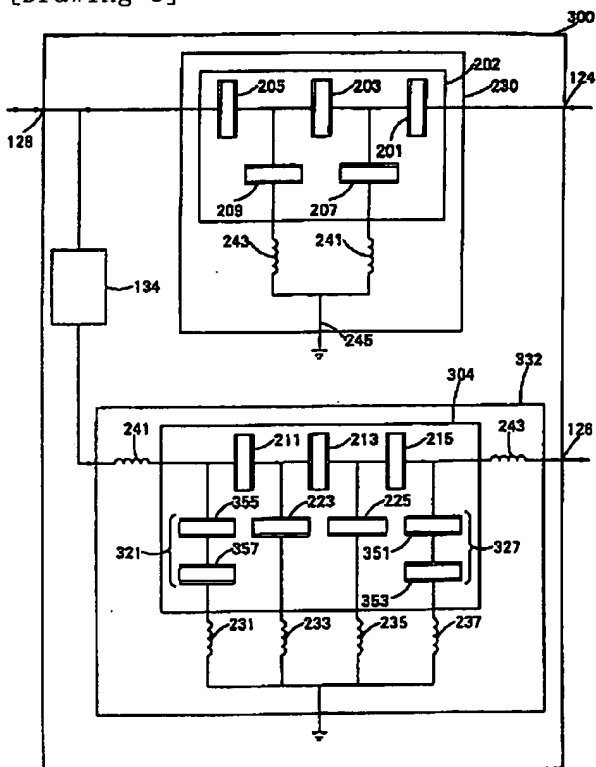
[Drawing 2]



[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Translation done.]